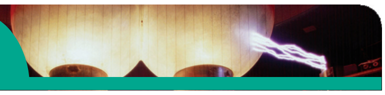
Parte I – ELETROSTÁTICA

Tópico 1



1 **E.R.** Determine o número de elétrons que deverá ser fornecido a um condutor metálico, inicialmente neutro, para que fique eletrizado com carga elétrica igual a –1,0 C.
Dado: carga elementar $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Resolução:
A carga elétrica de qualquer corpo pode ser expressa sempre da seguinte forma:

$$Q = \pm ne$$

em que: n = 1, 2, 3... e **e** é a carga elementar.
Assim:

$$-1,0 = -n \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$$

$$n = \frac{1,0}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,625 \cdot 10^{19}$$

$$\boxed{n = 6,25 \cdot 10^{18} \text{ elétrons}}$$

2 Determine a carga elétrica de um condutor que, estando inicialmente neutro, perdeu $5,0 \cdot 10^{13}$ elétrons.
Dado: carga elementar $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Resolução:
$Q = ne = 5,0 \cdot 10^{13} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

$\boxed{Q = +8,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}}$

Ao perder elétrons, o condutor torna-se eletrizado positivamente.

Resposta: $+8,0 \cdot 10^{-6}$ C

3 (Unicamp-SP) Duas cargas elétricas Q_1 e Q_2 atraem-se quando colocadas próximas uma da outra.
a) O que se pode afirmar sobre os sinais de Q_1 e de Q_2?
b) A carga Q_1 é repelida por uma terceira carga, Q_3, positiva. Qual é o sinal de Q_2?

Resolução:
a) A atração ocorre entre cargas elétricas de **sinais opostos**.
b) Se Q_1 é repelida por Q_3 (positiva), Q_1 é também positiva. Se Q_1 atrai Q_2, Q_2 é negativa.

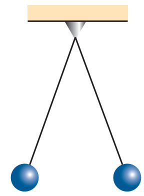
Respostas: a) sinais opostos; b) negativa

4 (UFSM-RS) Considere as seguintes afirmativas:
I. Um corpo não-eletrizado possui um número de prótons igual ao número de elétrons.
II. Se um corpo não-eletrizado perde elétrons, passa a estar positivamente eletrizado e, se ganha elétrons, negativamente eletrizado.
III. Isolantes ou dielétricos são substâncias que não podem ser eletrizadas.
Está(ão) correta(s):
a) apenas I e II.
b) apenas II.
c) apenas III.
d) apenas I e III.
e) I, II e III.

Resolução:
I. Verdadeira
II. Verdadeira
III. Falsa
Isolante ou dielétricos podem ser eletrizados. Basta retirar ou fornecer elétrons para esses corpos.

Resposta: a

5 (Puccamp-SP) Duas pequenas esferas suspensas por fios isolantes estão eletrizadas negativamente e repelem-se mutuamente. Observa-se que, com o tempo, a distância entre elas diminui gradativamente. Pode-se afirmar que isso ocorre porque as esferas, através do ar:



a) recebem prótons.
b) perdem prótons.
c) recebem elétrons.
d) trocam prótons e elétrons.
e) perdem elétrons.

Resolução:
Com o tempo, elétrons das esferas são transferidos para o ar. Diminuindo as cargas das esferas, a repulsão diminui e elas se aproximam.

Resposta: e

6 Considere os materiais a seguir:
a) madeira;
b) vidro;
c) algodão;
d) alumínio;
e) ouro;
f) porcelana;
g) platina;
h) náilon.

Quais deles são bons condutores de eletricidade?

Resolução:
Os bons condutores de eletricidade são os metais e a grafite.
Assim, d, e e g são os bons condutores

Respostas: **d**, **e** e **g**

7 Durante uma aula de Física, uma aluna de longos cabelos loiros começa a penteá-los usando pente de plástico. Após passar o pente pelos cabelos, nota que ele atrai pequenos pedaços de papel que se encontram sobre sua carteira. Admirada, ela pergunta ao professor qual a explicação para tal fato. O professor pede que os demais alunos se manifestem. Cinco deles deram respostas diferentes, qual acertou a explicação?
Aluno **A** — O pente é um bom condutor elétrico.
Aluna **B** — O papel é um bom condutor elétrico.
Aluno **C** — Os pedaços de papel já estavam eletrizados.
Aluna **D** — O pente ficou eletrizado por atrito no cabelo.
Aluno **E** — Entre o pente e os pedaços de papel ocorre atração gravitacional.

Resolução:
O pente ficou eletrizado devido ao atrito com o cabelo.

Resposta: aluna **D**

8 Dois corpos **A** e **B** de materiais diferentes, inicialmente neutros e isolados de outros corpos, são atritados entre si. Após o atrito, observamos que:
a) um fica eletrizado positivamente e o outro continua neutro;
b) um fica eletrizado negativamente e o outro continua neutro;
c) ambos ficam eletrizados negativamente;
d) ambos ficam eletrizados positivamente;
e) um fica eletrizado negativamente e o outro, positivamente.

Resolução:
No atritamento, um dos corpos retira elétrons do outro. Assim, um fica eletrizado negativamente (o que recebeu elétrons), e outro, positivamente (o que perdeu elétrons).

Resposta: e

9 Três pequenas esferas metálicas **A**, **B** e **C** idênticas estão eletrizadas com cargas +3q, –2q e +5q, respectivamente. Determine a carga de cada uma após um contato simultâneo entre as três.

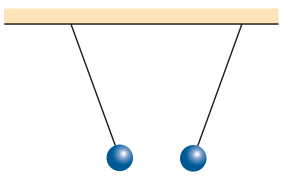
Resolução:

$$Q = \frac{(+3q) + (-2q) + (+5q)}{3}$$

$$Q_A = Q_B = Q_C = +2q$$

Resposta: + 2q

10 Em um experimento realizado em sala de aula, um professor de Física mostrou duas pequenas esferas metálicas idênticas, suspensas por fios isolantes, em uma situação de atração.



Na tentativa de explicar esse fenômeno, cinco alunos fizeram os seguintes comentários:
Maria — Uma das esferas pode estar eletrizada positivamente e a outra, negativamente.
José — Uma esfera pode estar eletrizada positivamente e a outra, neutra.
Roberto — O que estamos observando é simplesmente uma atração gravitacional entre as esferas.
Marisa — Essas esferas só podem estar funcionando como ímãs.
Celine — Uma esfera pode estar eletrizada negativamente e a outra, neutra.
Fizeram comentários corretos os alunos:
a) Marisa, Celine e Roberto.
b) Roberto, Maria e José.
c) Celine, José e Maria.
d) José, Roberto e Maria.
e) Marisa e Roberto.

Resolução:
A atração entre as esferas pode ocorrer quando elas estão eletrizadas com cargas elétricas de sinais opostos (uma positiva e a outra negativa) ou quando uma delas estiver eletrizada (positivamente ou negativamente) e a outra, neutra. Nesse caso, a neutra sofrerá uma separação de alguns "pares" de elétrons-prótons, por indução.

Resposta: c

11 (Unifor-CE) Dois corpos **x** e **y** são eletrizados por atrito, tendo o corpo **x** cedido elétrons a **y**. Em seguida, outro corpo, **z**, inicialmente neutro, é eletrizado por contato com o corpo **x**. No final dos processos citados, as cargas elétricas de **x**, **y** e **z** são, respectivamente:
a) negativa, negativa e positiva.
b) positiva, positiva e negativa.
c) positiva, negativa e positiva.
d) negativa, positiva e negativa.
e) positiva, positiva e positiva.

Resolução:
1) **x** e **y** (por atrito)
   x (positivo) ⇒ cede elétrons para **y**
   y (negativo) ⇒ recebe elétrons de **x**
2) **z** e **x** (por contato)
   x (positivo)
   y (positivo)

Resposta: c

12 (UFSCar-SP) Considere dois corpos sólidos envolvidos em processos de eletrização. Um dos fatores que podem ser observados tanto na eletrização por contato quanto na por indução é o fato de que, em ambas:
a) torna-se necessário manter um contato direto entre os corpos.
b) deve-se ter um dos corpos ligados temporariamente a um aterramento.
c) ao fim do processo de eletrização, os corpos adquirem cargas elétricas de sinais opostos.
d) um dos corpos deve, inicialmente, estar carregado eletricamente.
e) para ocorrer, os corpos devem ser bons condutores elétricos.

Resolução:
Nos processos citados de eletrização, um dos corpos tem, necessariamente, de estar eletrizado.

Resposta: d

13 (PUC-PR) Um corpo possui $5 \cdot 10^{19}$ prótons e $4 \cdot 10^{19}$ elétrons. Considerando a carga elementar igual a $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, este corpo está:
a) carregado negativamente com uma carga igual a $1 \cdot 10^{-19}$ C.
b) neutro.
c) carregado positivamente com uma carga igual a 1,6 C.
d) carregado negativamente com uma carga igual a 1,6 C.
e) carregado positivamente com uma carga igual a $1 \cdot 10^{-19}$ C.

Resolução:

$$Q = (n_p - n_e) \cdot e$$

$$Q = (5 \cdot 10^{19} - 4 \cdot 10^{19}) \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \text{ (C)}$$

$$Q = 1 \cdot 10^{19} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \text{ (C)}$$

$$\boxed{Q = +1{,}6 \text{ C}}$$

Observe que o corpo possui mais prótrons do que elétrons.

Resposta: c

14 Um átomo de cálcio perde dois elétrons para dois átomos de cloro; um elétron para cada átomo de cloro. Forma-se, assim, o composto iônico $Ca^{++}C\ell_2^-$ (cloreto de cálcio). Calcule, em coulomb, a carga de cada íon:

a) Ca^{++} b) $C\ell^-$

Dado: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Resolução:

a) $Q\,(Ca^{++}) = +2 \cdot e = +2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

$\boxed{Q\,(Ca^{++}) = +3,2 \cdot 10^{-19}\text{ C}}$

b) $\boxed{Q\,(C\ell^-) = -1,6 \cdot 10^{-19}\text{ C}}$

Respostas: a) $+3,2 \cdot 10^{-19}$ C; b) $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C

15 E.R. Três pequenas esferas condutoras, **M**, **N** e **P**, idênticas estão eletrizadas com cargas $+6q$, $+q$ e $-4q$, respectivamente. Uma quarta esfera, **Z**, igual às anteriores, encontra-se neutra. Determine a carga elétrica adquirida pela esfera **Z**, após contatos sucessivos com **M**, **N** e **P**, nessa ordem.

Resolução:

Como os condutores são idênticos, após o contato entre dois deles cada um fica com metade da soma algébrica das suas cargas iniciais.

Assim, no contato entre **Z** e **M**, temos:

$$\text{antes}\begin{cases}Q_Z = 0\\ Q_M = +6q\end{cases} \qquad \text{após}\begin{cases}Q'_Z = +3q\\ Q'_M = +3q\end{cases}$$

No contato entre **Z** e **N**, temos:

$$\text{antes}\begin{cases}Q'_Z = +3q\\ Q_N = +q\end{cases} \qquad \text{após}\begin{cases}Q''_Z = +2q\\ Q'_N = +2q\end{cases}$$

Finalmente, no contato entre **Z** e **P**, temos:

$$\text{antes}\begin{cases}Q''_Z = +2q\\ Q_P = -4q\end{cases} \qquad \text{após}\begin{cases}Q'''_Z = -q\\ Q'_P = -q\end{cases}$$

Portanto, após os contatos sucessivos de **Z** com **M**, **N** e **P**, sua carga elétrica Q'''_Z é dada por:

$$\boxed{Q'''_Z = -q}$$

16 (UEL-PR) Três esferas condutoras, **A**, **B** e **C**, têm o mesmo diâmetro. A esfera **A** está inicialmente neutra e as outras duas estão carregadas com cargas $Q_B = 1,2\ \mu C$ e $Q_C = 1,8\ \mu C$. Com a esfera **A**, toca-se primeiramente a esfera **B** e depois a **C**. As cargas elétricas de **A**, **B** e **C**, depois desses contatos, são, respectivamente:

a) 0,60 μC, 0,60 μC e 1,8 μC.
b) 0,60 μC, 1,2 μC e 1,2 μC.
c) 1,0 μC, 1,0 μC e 1,0 μC.
d) 1,2 μC, 0,60 μC e 1,2 μC.
e) 1,2 μC, 0,8 μC e 1,0 μC.

Resolução:

A e **B**

Antes	**Depois**
$Q_A = 0$	$Q'_A = Q'_B = \dfrac{1,2\ \mu C}{2}$
$Q_B = 1,2\ \mu C$	$Q'_A = Q'_B = 0,60\ \mu C$

A e **C**

Antes	**Depois**
$Q'_A = 0,60\ \mu C$	$Q''_A = Q'_C = \dfrac{(0,60 + 1,8)\ \mu C}{2}$
$Q_C = 1,8\ \mu C$	$Q''_A = Q'_C = 1,2\ \mu C$

Resposta: d

17 (Unifor-CE) Duas pequenas esferas idênticas estão eletrizadas com cargas de 6,0 μC e –10 μC, respectivamente. Colocando-se as esferas em contato, o número de elétrons que passam de uma esfera para a outra vale:

a) $5,0 \cdot 10^{13}$.
b) $4,0 \cdot 10^{13}$.
c) $2,5 \cdot 10^{13}$.
d) $4,0 \cdot 10^{6}$.
e) $2,0 \cdot 10^{6}$.

Dado: carga elementar $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Resolução:

No contato, temos:

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \Rightarrow Q = \frac{+6,0 \cdot 10^{-6} + (-10 \cdot 10^{-6})}{2}$$

$$Q = -2,0 \cdot 10^{-6}\text{ C}$$

A primeira esfera (eletrizada positivamente) recebeu um número **n** de elétrons, dado por:

$$\Delta Q = n\,e \Rightarrow n = \frac{\Delta Q}{e} = \frac{-2,0 \cdot 10^{-6} - (+6,0 \cdot 10^{-6})}{-1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$n = \frac{-8,0 \cdot 10^{-6}}{-1,6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow n = 5,0 \cdot 10^{13}\text{ elétrons}$$

Resposta: a

18 (Mack-SP) Três pequenas esferas de cobre, idênticas, são utilizadas em um experimento de Eletrostática. A primeira, denominada **A**, está inicialmente eletrizada com carga $Q_A = +2,40$ nC; a segunda, denominada **B**, não está eletrizada; e a terceira, denominada **C**, está inicialmente eletrizada com carga $Q_C = -4,80$ nC. Em um dado instante, são colocadas em contato entre si as esferas **A** e **B**. Após atingido o equilíbrio eletrostático, **A** e **B** são separadas uma da outra e, então, são postas em contato as esferas **B** e **C**. Ao se atingir o equilíbrio eletrostático entre **B** e **C**, a esfera **C**:

a) perdeu a carga elétrica equivalente a $1,125 \cdot 10^{10}$ elétrons.
b) perdeu a carga elétrica equivalente a $1,875 \cdot 10^{10}$ elétrons.
c) ganhou a carga elétrica equivalente a $1,125 \cdot 10^{10}$ elétrons.
d) ganhou a carga elétrica equivalente a $1,875 \cdot 10^{10}$ elétrons.
e) manteve sua carga elétrica inalterada.

Dado: carga do elétron $= -1,60 \cdot 10^{-19}$ C

Resolução:

1) **A** e **B**

$$Q = \frac{Q_A + Q_B}{2} = \frac{(+2,40\text{ nC}) + 0}{2}$$

$$Q'_A = Q'_B = +1,20\text{ nC}$$

2) **B** e **C**

$$Q''_B = Q'_C = \frac{(+1,20\text{ nC}) + (-4,80\text{ nC})}{2}$$

$$Q''_B = Q'_C = -1,80\text{ nC}$$

No contato com **B**, **C perdeu** uma carga elétrica igual a:

$$\Delta Q_C = (-4,80\text{ nC}) - (-1,80\text{ nC})$$

$$\Delta Q_C = -3,00\text{ nC}$$

Assim:

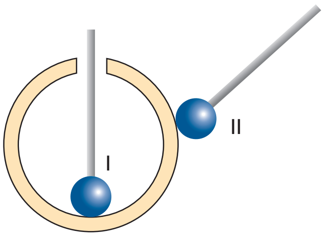
$\Delta Q_C = n\,e$

$-3{,}00 \cdot 10^{-9} = n \cdot (-1{,}60) \cdot 10^{-19}$

$\boxed{n = 1{,}875 \cdot 10^{10} \text{ elétrons}}$

Resposta: b

19 Em uma esfera metálica oca, carregada positivamente, são encostadas esferas metálicas menores, presas a cabos isolantes e inicialmente descarregadas.



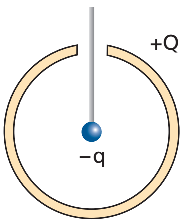
As cargas que passam para as esferas menores, I e II, são, respectivamente:

a zero e negativa;
b) zero e positiva;
c) positiva e negativa;
d) positiva e zero;
e) negativa e positiva.

Resolução:
As cargas elétricas se distribuem na superfície externa da esfera oca.
A esfera I toca a face interna da esfera oca, que está eletricamente neutra. A esfera I não adquire carga elétrica.
A esfera II toca a face externa, onde estão distribuídas as cargas elétricas positivas. A esfera II perde elétrons para essa supefície e torna-se eletricamente positiva.

Resposta: b

20 (UFPE) Uma grande esfera condutora, oca e isolada, está carregada com uma carga Q = 60 mC. Através de uma pequena abertura, no topo da esfera, é introduzida uma pequena esfera metálica, de carga q = –6 mC, suspensa por um fio. Se a pequena esfera toca a superfície interna do primeiro condutor, qual será a carga final na superfície externa da esfera maior, em mC?



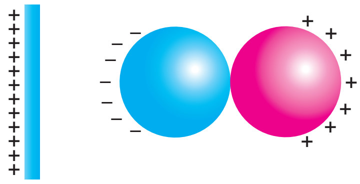
Resolução:
No contato, toda a carga elétrica existente na esfera menor passará para a superfície externa da esfera maior.

$Q_{final} = Q + q = 60\text{ mC} + (-6\text{ mC})$

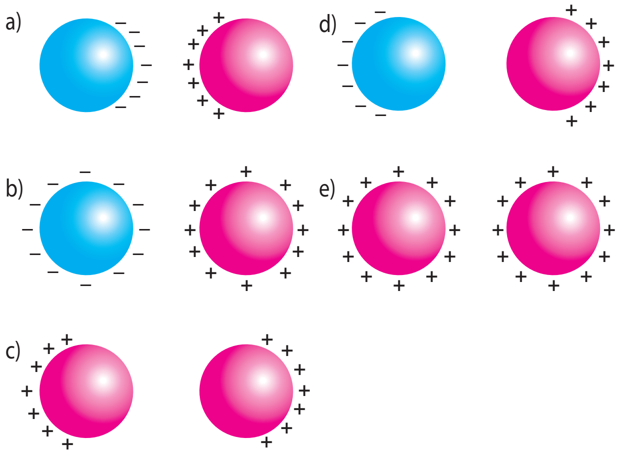
$\boxed{Q_{final} = 54\text{ mC}}$

Resposta: 54 mC

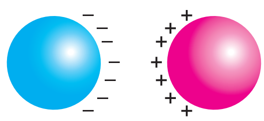
21 (Fuvest-SP) Aproximando-se uma barra eletrizada de duas esferas condutoras, inicialmente descarregadas e encostadas uma na outra, observa-se a distribuição de cargas esquematizada a seguir.



Em seguida, sem tirar do lugar a barra eletrizada, afasta-se um pouco uma esfera da outra. Finalmente, sem mexer mais nas esferas, remove-se a barra, levando-a para muito longe das esferas. Nessa situação final, a figura que melhor representa a distribuição de cargas nas duas esferas é:

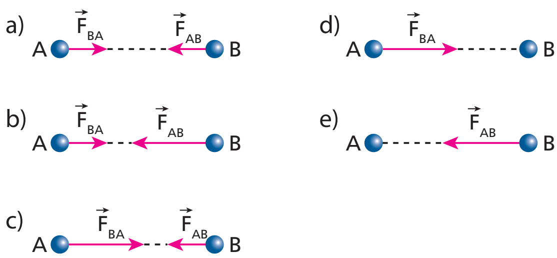


Resolução:
Após o afastamento da barra, as cargas (de sinais opostos) existentes nas esferas irão se atrair e teremos:



Resposta: a

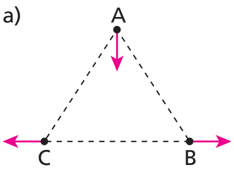
22 (PUC-SP) Suponha duas pequenas esferas **A** e **B** eletrizadas com cargas de sinais opostos e separadas por certa distância. A esfera **A** tem uma quantidade de carga duas vezes maior que a esfera **B** e ambas estão fixas num plano horizontal. Supondo que as esferas troquem entre si as forças de atração $\vec{F}_{AB}$ e $\vec{F}_{BA}$, podemos afirmar que a figura que representa corretamente essas forças é:

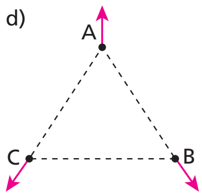


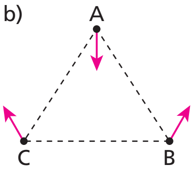
Resolução:
Apesar de as cargas elétricas de **A** e **B** serem de valores absolutos diferentes, as intensidades das forças de interação são iguais.

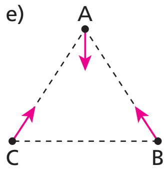
Resposta: a

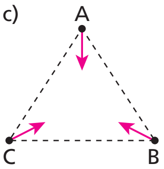
23 (Fuvest-SP) Três pequenas esferas carregadas com cargas de mesmo módulo, sendo **A** positiva e **B** e **C** negativas, estão presas nos vértices de um triângulo equilátero. No instante em que elas são soltas simultaneamente, a direção e o sentido de suas acelerações serão mais bem representados pelo esquema:

a)


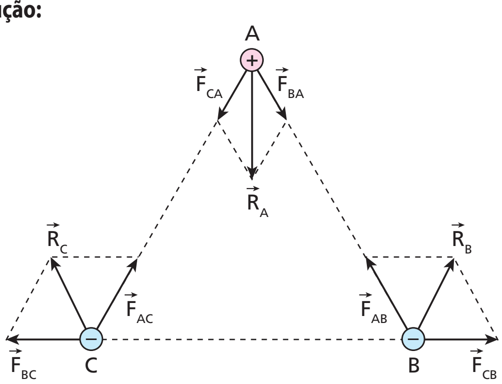
d)


b)


e)


c)


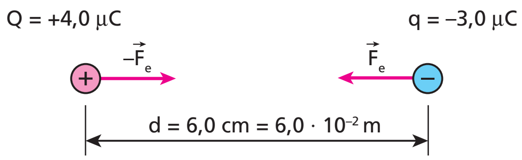
Resolução:



A aceleração vetorial tem a mesma direção e o mesmo sentido da força resultante (R) em cada esfera.

Resposta: b

24 E.R. Determine o módulo da força de interação entre duas partículas eletrizadas com +4,0 μC e –3,0 μC, estando elas no vácuo à distância de 6,0 cm uma da outra.
Dado: constante eletrostática do vácuo $K_0 = 9{,}0 \cdot 10^9$ N m²/C²
Resolução:
Como as cargas têm sinais opostos, a interação entre elas é atrativa.



Aplicando a **Lei de Coulomb** a essa interação, temos:

$$F_e = K\frac{|Q\,q|}{d^2}$$

Substituindo os valores conhecidos, vem:

$$F_e = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{4{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot 3{,}0 \cdot 10^{-6}}{(6{,}0 \cdot 10^{-2})^2}$$

$$\boxed{F_e = 30\text{ N}}$$

25 (Mack-SP) Duas cargas elétricas puntiformes distam 20 cm uma da outra. Alterando essa distância, a intensidade da força de interação eletrostática entre as cargas fica 4 vezes menor. A nova distância entre elas é:
a) 10 cm.
b) 20 cm.
c) 30 cm.
d) 40 cm.
e) 50 cm.

Resolução:
Lei de Coulomb:

$$F = K\frac{|Q\,q|}{d^2}$$

No início:

$$F = K\frac{|Q\,q|}{(0{,}20)^2} \Rightarrow \frac{F}{K|Q\,q|} = \frac{1}{(0{,}20)^2}$$

No final:

$$\frac{F}{4} = K\frac{|Q\,q|}{d^2} \Rightarrow \frac{F}{K|Q\,q|} = \frac{4}{d^2}$$

Portanto:

$$\frac{4}{d^2} = \frac{1}{(0{,}20)^2} \Rightarrow \frac{2}{d} = \frac{1}{0{,}20}$$

$d = 0{,}40$ m $= 40$ cm

Resposta: d

26 (Unesp-SP) Duas esferas condutoras idênticas carregadas com cargas +Q e –3Q, inicialmente separadas por uma distância **d**, atraem-se com uma força elétrica de intensidade (módulo) **F**. Se as esferas são postas em contato e, em seguida, levadas de volta para suas posições originais, a nova força entre elas será:
a) maior que **F** e de atração.
b) menor que **F** e de atração.
c) igual a **F** e de repulsão.
d) menor que **F** e de repulsão.
e) maior que **F** e de repulsão.

Resolução:
Lei de Coulomb:

$$F = K\frac{|Q\,q|}{d^2}$$

No início:

$$F = K\frac{|Q \cdot 3Q|}{d^2} \Rightarrow F = \frac{3K|Q|^2}{d^2}$$

No contato, temos:

$$Q' = \frac{(+Q) + (-3Q)}{2} \Rightarrow Q' = -Q$$

Assim, no final:

$$F' = K\frac{|Q\ \ Q|}{d^2} \Rightarrow F' = \frac{K|Q|^2}{d^2}$$

Portanto:

$$\boxed{F' = \frac{F}{3}}$$

A força de interação torna-se de repulsão e tem sua intensidade diminuída.

Resposta: d

27 Duas cargas puntiformes $q_1 = 5 \cdot 10^{-6}$ C e $q_2 = 12 \cdot 10^{-6}$ C estão separadas 1 m uma da outra no vácuo. Sendo $K = 9 \cdot 10^9$ N m²/C² a constante eletrostática do vácuo, qual a intensidade da força de interação entre elas?

Resolução:
Lei de Coulomb

$$F = K\frac{|q_1 \cdot q_2|}{d^2}$$

$$F = 9 \cdot 10^9\ \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 12 \cdot 10^{-6}}{1^2}$$

$$\boxed{F = 0{,}54\ \text{N}}$$

Resposta: 0,54 N

28 (Cefet-SP) A intensidade da força elétrica entre duas cargas puntiformes, $Q_1 = 6$ μC e $Q_2 = 3$ μC, colocadas no vácuo, sofre redução quando essas cargas são mergulhadas, a mesma distância, em água. Sendo a distância entre as cargas de 3 cm e a intensidade da força elétrica F = 2,2 N, o valor da constante eletrostática na água, em N · m²/C², é igual a:

a) $9{,}0 \cdot 10^8$.
b) $6{,}0 \cdot 10^8$.
c) $4{,}6 \cdot 10^8$.
d) $2{,}2 \cdot 10^8$.
e) $1{,}1 \cdot 10^8$.

Resolução:
Lei de Coulomb

$$F = K\frac{|Q_1\ Q_2|}{d^2}$$

$$2{,}2 = K\frac{6 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{(3 \cdot 10^{-2})^2}$$

$$K = \frac{2{,}2 \cdot 9 \cdot 10^{-4}}{18 \cdot 10^{-12}}$$

$$\boxed{K = 1{,}1 \cdot 10^8\ \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}}$$

Resposta: e

29 (FGV-SP) Já havia tocado o sinal quando o professor dera o ultimato: "— Meninos, estou indo embora!...". Desesperadamente, um aluno, que terminara naquele momento a resolução do último problema, onde se pedia o cálculo da constante eletrostática em um determinado meio, arranca a folha que ainda estava presa em seu caderno e a entrega ao seu professor.

2) Duas cargas elétricas muito pequenas e de sinais iguais, imersas em um meio homogêneo, são abandonadas a cinco centímetros uma da outra.

A essa distância a força repulsiva que atua sobre elas tem intensidade de 2,7 N.

Sendo $5 \cdot 10^{-6}$ C e $1{,}5 \cdot 10^{-7}$ C as intensidades dessas cargas, determine o valor da constante eletrostática válida para esse meio.

F = 2,7 N $\qquad F = K_0\dfrac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$

$Q_1 = 5 \cdot 10^{-6}$ C $\qquad 2{,}7 = K_0\dfrac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-7}}{(5 \cdot 10^{-2})^2}$

$Q_2 = 1{,}5 \cdot 10^{-7}$ C $\qquad 2{,}7 = K_0\dfrac{0{,}3 \cdot 10^{-13}}{10^{-4}}$

$d = 5 \cdot 10^{-2}$ m $\qquad K_0 = \dfrac{2{,}7}{0{,}3 \cdot 10^{-9}}$

$K_0 = 9 \cdot 10^9$

Durante a correção da segunda questão, o professor não pôde considerar cem por cento de acerto, devido à falta da unidade correspondente à grandeza física solicitada. O pedaço faltante que daria a totalidade do acerto para a segunda questão, dentre os apresentados, seria:

a) $kg \cdot m^3 \cdot s^{-1} \cdot C^{-2}$

b) $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot C^2$

c) $kg \cdot m \cdot s^{-1} \cdot C^{-2}$

d) $kg \cdot m^3 \cdot s^{-2} \cdot C^{-2}$

e) $kg \cdot m^1 \cdot s^{-4} \cdot C^4$

Resolução:
Lei de Coulomb

$$F = K\frac{|Q\ q|}{d^2}$$

No SI:

$$N = [K]\frac{C^2}{m^2}$$

Mas:

$F = m\,a$

e, no SI:

$N = kg \dfrac{m}{s^2}$

Assim,

$kg \dfrac{m}{s^2} = [K] \dfrac{C^2}{m^2}$

$[K] = \dfrac{kg\ m^3}{s^2\ C^2}$

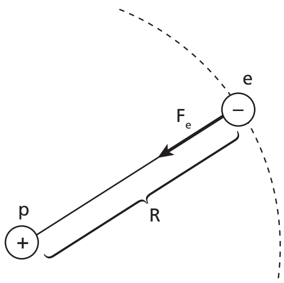
$\boxed{[K] = kg\ m^3\ s^{-2}\ C^{-2}}$

Resposta: d

30 (Mack-SP) Com base no modelo do átomo de hidrogênio, no qual se considera um elétron descrevendo uma órbita circunferencial ao redor do núcleo, temos um exemplo de MCU. O raio dessa órbita é da ordem de 10^{-10} m. Sabe-se que a carga elementar é $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, a constante eletrostática do meio é $K = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2$, a massa do elétron é $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg e a massa do próton é $m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg. Nesse modelo atômico, a velocidade escalar do elétron é, aproximadamente:

a) $1{,}6 \cdot 10^4$ m/s.
b) $3{,}2 \cdot 10^4$ m/s
c) $1{,}6 \cdot 10^6$ m/s
d) $3{,}2 \cdot 10^6$ m/s
e) $1{,}6 \cdot 10^9$ m/s

Resolução:
A função centrípeta é desempenhada pela força eletrostática.



Assim:

$F_{cp} = F_e$

$\dfrac{m\,v^2}{R} = \dfrac{K\,|Q\,q|}{R^2}$

$v^2 = \dfrac{K\,|Q\,q|}{m\,R}$

$v^2 = \dfrac{9 \cdot 10^9 \cdot (1{,}6 \cdot 10^{-19})^2}{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{-10}}$

$v^2 \simeq 2{,}53 \cdot 10^{12}$

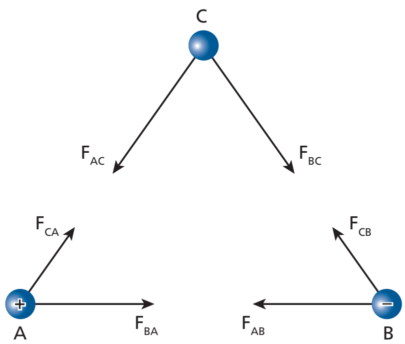
$\boxed{v \simeq 1{,}6 \cdot 10^6\ m/s}$

Resposta: c

31 (Unifesp-SP) Uma estudante observou que, ao colocar sobre uma mesa horizontal três pêndulos eletrostáticos idênticos, equidistantes entre si, como se cada um ocupasse o vértice de um triângulo equilátero, as esferas dos pêndulos atraíam-se mutuamente. Sendo as três esferas metálicas, a estudante poderia concluir **corretamente** que:

a) as três esferas estavam eletrizadas com cargas de mesmo sinal.
b) duas esferas estavam eletrizadas com cargas de mesmo sinal e uma com carga de sinal oposto.
c) duas esferas estavam eletrizadas com cargas de mesmo sinal e uma neutra.
d) duas esferas estavam eletrizadas com cargas de sinais opostos e uma neutra.
e) uma esfera estava eletrizada e duas neutras.

Resolução:
Para ocorrer **atração** mútua, é necessário que duas esferas estejam eletrizadas com cargas elétricas de sinais opostos e que a terceira esfera esteja neutra. Essa terceira esfera será atraída por indução.



Resposta: d

32 (Fuvest-SP) Pequenas esferas, carregadas com cargas elétricas negativas de mesmo módulo **Q**, estão dispostas sobre um anel isolante e circular, como indicado na figura 1. Nessa configuração, a intensidade da força elétrica que age sobre uma carga de prova negativa, colocada no centro do anel (ponto **P**), é F_1.

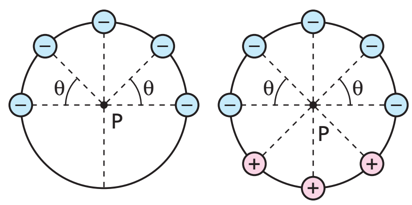
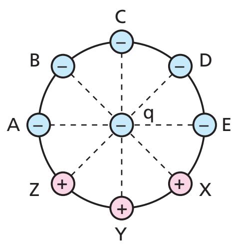


Figura 1 Figura 2

Se forem acrescentadas sobre o anel três outras cargas de mesmo módulo **Q**, mas positivas, como na figura 2, a intensidade da força elétrica no ponto **P** passará a ser :

a) zero.
b) $\left(\dfrac{1}{2}\right)F_1$.
c) $\left(\dfrac{3}{4}\right)F_1$.
d) F_1.
e) $2\,F_1$.

Resolução:
Observando a figura a seguir:



notamos que:

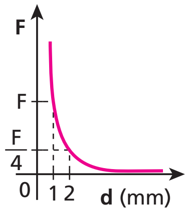
1) Em **Q** a resultante de **A** e **E** é nula.
2) **B**, **C** e **D** provocam em **Q** uma força resultante $\vec{F}_1$.
3) Por simetria, **Z**, **Y** e **X** também provocam em **Q** uma resultante $\vec{F}_1$.

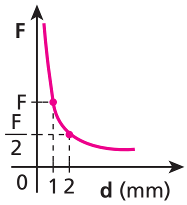
Assim, em **q**, temos:

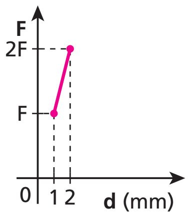
$F_R = 2F_1$

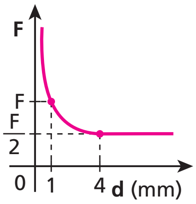
Resposta: e

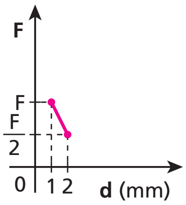
33 (Mack-SP) Dois pequenos corpos, idênticos, estão eletrizados com cargas de 1,00 nC cada um. Quando estão à distância de 1,00 mm um do outro, a intensidade da força de interação eletrostática entre eles é **F**. Fazendo-se variar a distância entre esses corpos, a intensidade da força de interação eletrostática também varia. O gráfico que melhor representa a intensidade dessa força, em função da distância entre os corpos, é:

a)


b)


c)


d)


e)


Resolução:

Lei de Coulomb

$$F = K\frac{|Q\,q|}{d^2}$$

Para uma distância d = 1 mm, temos:

$$F = K\frac{Q^2}{1^2} = KQ^2$$

Se dobrarmos a distância (d = 2 mm), temos:

$$F' = K\frac{Q^2}{2^2} = K\frac{Q^2}{4}$$

Portanto: $\boxed{F' = \frac{F}{4}}$

Como a Lei de Coulomb mostra que a intensidade de **F** é inversamente proporcional ao quadrado da distância, a função é expressa no diagrama por uma **hipérbole cúbica**.

Resposta: a

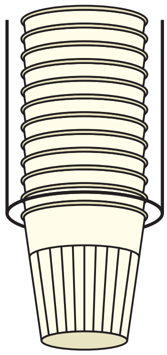
34 (Vunesp-SP) Ao retirar o copinho de um porta-copos, um jovem deixa-o escapar de suas mãos quando ele já se encontrava a 3 cm da borda do porta-copos. Misteriosamente, o copo permanece por alguns instantes pairando no ar. Analisando o fato, concluiu que o atrito entre o copo extraído e o que ficara exposto havia gerado uma força de atração de origem eletrostática.

Suponha que:

- a massa de um copo seja de 1 g;
- a interação eletrostática ocorra apenas entre o copo extraído e o que ficou exposto, sendo que os demais copos não participam da interação;
- os copos, o extraído e o que ficou exposto, possam ser associados a cargas pontuais, de mesma intensidade.

Nessas condições, dados $g = 10\ m/s^2$ e $K = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2$, o módulo da carga elétrica excedente no copinho, momentos após sua retirada do porta-copos, foi, em coulombs, aproximadamente:

a) $6 \cdot 10^{-5}$.
b) $5 \cdot 10^{-6}$.
c) $4 \cdot 10^{-7}$.
d) $3 \cdot 10^{-8}$.
e) $2 \cdot 10^{-9}$.



Resolução:

Quando o copinho está pairando no ar, temos:

$F_e = P$

$$K\frac{Q^2}{d^2} = mg$$

$$9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q^2}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 10$$

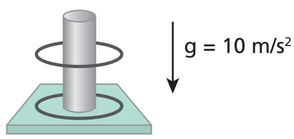
$$\frac{9 \cdot 10^9\, Q^2}{9 \cdot 10^{-4}} = 10^{-2}$$

$$Q^2 = 10^{-15} = 10 \cdot 10^{-16}$$

$$\boxed{Q \simeq 3{,}2 \cdot 10^{-8}\ C}$$

Resposta: d

35 (UFTM-MG) Dois pequenos anéis de alumínio, idênticos e de massa 0,9 g, um deles carregado eletricamente e outro neutro, são postos em contato. Em seguida, os anéis são colocados em um pino vertical isolante, montado em uma base também isolante. Nessas condições, o anel superior flutua sobre o inferior, mantendo uma distância fixa de 1 cm.



Sendo a constante eletrostática do ar igual a $9 \cdot 10^9$ N · m²/C², a carga inicialmente depositada sobre o anel eletrizado, em **C**, é:

a) $1 \cdot 10^{-8}$. b) $2 \cdot 10^{-8}$. c) $3 \cdot 10^{-8}$. d) $4 \cdot 10^{-8}$. e) $5 \cdot 10^{-8}$.

Resolução:

No equilíbrio, temos:

$$F_e = P_{(anel)}$$

$$K \frac{|Q\,Q|}{d^2} = mg$$

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

$$Q^2 = 10^{-16}$$

$$Q = 1 \cdot 10^{-8}\ C$$

Essa carga foi adquirida pelo anel superior (inicialmente neutro) no contato com o anel eletrizado. Assim, no início, a carga existente no anel eletrizado vale:

$$\boxed{q = 2 \cdot 10^{-8}\ C}$$

Resposta: b

36 Duas partículas eletrizadas com cargas elétricas iguais a **Q** estão fixas nos vértices opostos **A** e **C** de um quadrado de lado **ℓ**. A força de repulsão entre elas tem intensidade F_e (figura **a**). Quando colocadas nos vértices adjacentes **A** e **B**, a força de repulsão passa a ter intensidade F'_e (figura **b**).

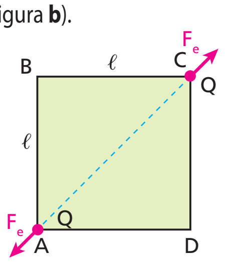


Figura a

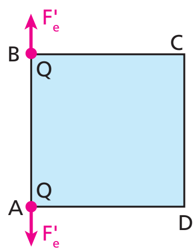
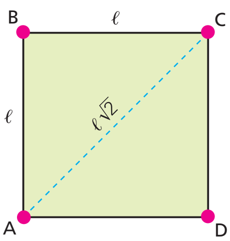


Figura b

Qual a relação que existe entre F'_e e F_e?

Resolução:



Lei de Coulomb:

$$F = K \frac{|Q\,q|}{d^2}$$

Portanto:

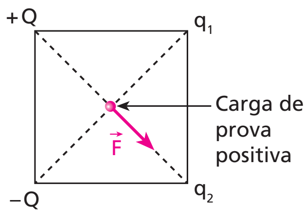
$$F_e = \frac{K|Q\,Q|}{(\ell\sqrt{2})^2} \Rightarrow F_e = \frac{K|Q\,Q|}{2\ell^2}$$

$$F'_e = \frac{K|Q\,Q|}{\ell^2}$$

$$F_e = \frac{F'_e}{2} \Rightarrow \boxed{F'_e = 2\,F_e}$$

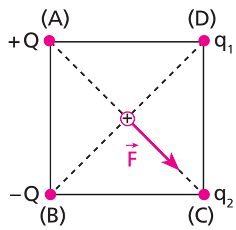
Resposta: $F'_e = 2\,F_e$

37 (Fuvest-SP) Quatro cargas pontuais estão colocadas nos vértices de um quadrado. As duas cargas +Q e –Q têm mesmo valor absoluto e as outras duas, q_1 e q_2, são desconhecidas. A fim de determinar a natureza dessas cargas, coloca-se uma carga de prova positiva no centro do quadrado e verifica-se que a força sobre ela é $\vec{F}$, mostrada na figura. Podemos afirmar que:



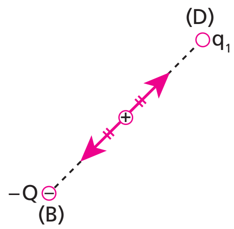
a) $q_1 > q_2 > 0$.
b) $q_2 > q_1 > 0$.
c) $q_1 + q_2 > 0$.
d) $q_1 + q_2 < 0$.
e) $q_1 = q_2 > 0$.

Resolução:



Inicialmente vamos admitir que a carga +Q é positiva.

1) Na direção BD a força resultante deve ser nula.



Para que isso ocorra, devemos ter:

$$\boxed{q_1 = -Q}$$

2) Na direção AC a força resultante tem sentido de **A** para **C**, como mostra a figura original. Assim q_2, pode ser negativa ou, se positiva, menor do que +Q:

$$\boxed{q_2 < +Q}$$

Portanto:

$$\begin{cases} q_1 = -Q \\ q_2 < +Q \end{cases}$$

Somando membro a membro:

$$q_1 + q_2 < -Q + Q$$

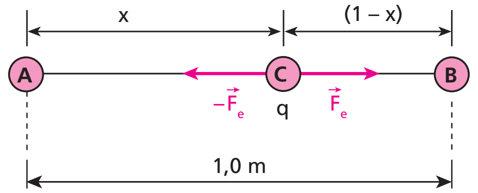
$$q_1 + q_2 < 0$$

Resposta: d

38 E.R. Duas partículas **A** e **B**, eletrizadas com cargas de mesmo sinal e respectivamente iguais a Q_A e Q_B, tal que $Q_A = 9\,Q_B$, são fixadas no vácuo a 1,0 m de distância uma da outra. Determine o local, no segmento que une as cargas **A** e **B**, onde deverá ser colocada uma terceira carga **C**, para que ela permaneça em repouso.

Resolução:

Inicialmente, façamos um esquema da situação:



Como as cargas **A** e **B** têm o mesmo sinal, as forças de interação que agirão sobre a terceira carga terão a mesma direção, mas sentidos opostos, não importando qual o seu sinal. Uma vez que essa terceira carga deve ficar em repouso, os módulos das forças que agem sobre ela devem ser iguais (resultante nula).

Assim:

$$K\frac{|Q_A\,q|}{x^2} = K\frac{|Q_B\,q|}{(1-x)^2}$$

$$\frac{9\,|Q_B|}{x^2} = \frac{|Q_B|}{(1-x)^2} \Rightarrow x^2 = 9(1-x)^2$$

$$x = 3(1-x) \Rightarrow x = 3 - 3x$$

$$4x = 3 \Rightarrow \boxed{x = 0{,}75\ \text{m}}$$

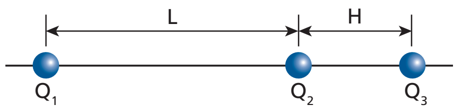
A carga **C** deve ser colocada a 0,75 m de **A** e a 0,25 m de **B**.

Nota:

- A equação $x^2 = 9\,(1-x)^2$ admite uma outra solução, que não satisfaz às condições do problema. Ela corresponde a um ponto fora do segmento que une **A** e **B**, em que as forças têm mesmo módulo e mesmo sentido e, portanto, **não se equilibram**.

39 (UFRN) A figura mostra três cargas elétricas puntiformes, Q_1, Q_2 e Q_3. As cargas Q_1 e Q_2 estão fixas, têm sinais opostos, e o módulo de Q_1 é o dobro do módulo de Q_2. Deseja-se que a carga Q_3 fique em repouso a uma dada distância **H**, à direita de Q_2.

Para que isso ocorra, a carga Q_3 e a distância **L** entre Q_1 e Q_2 devem ser:



a) Q_3 pode ser uma carga qualquer e $L = (\sqrt{2} - 1)\,H$.

b) $Q_3 = Q_2 - Q_1$ e $L = H$.

c) $Q_3 = Q_2$ e $L = H$.

d) $Q_3 = Q_1$ e $L = \sqrt{2}\,H$.

e) $Q_3 = Q_2$ e $L = (2 - \sqrt{2})\,H$.

Resolução:

Como Q_1 e Q_2 possuem sinais opostos, uma delas irá atrair e a outra, repelir Q_3. Para que Q_3 permaneça em equilíbrio, devemos ter:

$$F_{1,3} = F_{2,3}$$

$$K\frac{|Q_1\,Q_3|}{(L+H)^2} = K\frac{|Q_2\,Q_3|}{H^2} \Rightarrow \frac{2Q_2}{(L+H)^2} = \frac{Q^2}{H^2}$$

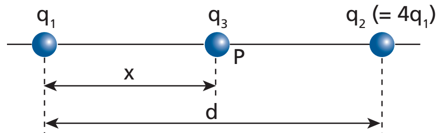
$$(L+H)^2 = 2H^2$$

$$L + H = \sqrt{2}\,H \Rightarrow L = (\sqrt{2} - 1)H$$

Observe que o sinal de Q_3 pode ser positivo ou negativo.

Resposta: a

40 (Fuvest-SP) Duas cargas pontuais positivas, q_1 e $q_2 = 4q_1$, são fixadas a uma distância **d** uma da outra. Uma terceira carga negativa q_3 é colocada no ponto **P** entre q_1 e q_2, a uma distância **x** da carga q_1, conforme mostra a figura.

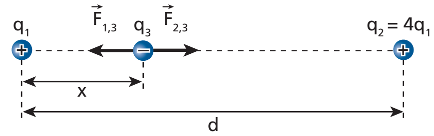


a) Calcule o valor de **x** para que a força sobre a carga q_3 seja nula.

b) Verifique se existe um valor de q_3 para o qual tanto a carga q_1 como a q_2 permanecem em equilíbrio, nas posições do item **a**, sem necessidade de nenhuma outra força além das eletrostáticas entre as cargas. Caso exista, calcule este valor de q_3; caso não exista, responda "não existe" e justifique.

Resolução:

a)



$$F_{1,3} = F_{2,3}$$

$$K\frac{|q_1\,q_3|}{x^2} = K\frac{|q_2\,q_3|}{(d-x)^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{x^2} = \frac{|q_2|}{(d-x)^2}$$

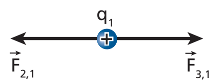
$$\frac{|q_1|}{x^2} = \frac{|4q_1|}{(d-x)^2} \Rightarrow 4x^2 = (d-x)^2$$

$$2x = d - x \Rightarrow 3x = d \Rightarrow \boxed{x = \frac{d}{3}}$$

Nota:

- Existe uma outra solução matemática, em que $x = -d$, que não serve fisicamente. Nesse caso, apesar de $|\vec{F}_{1,3}| = |\vec{F}_{2,3}|$, essas forças terão sentidos iguais, fazendo com que a carga q_3 não esteja em equilíbrio.

b)



$$F_{2,1} = F_{3,1}$$

$$K\frac{|q_2\,q_1|}{d^2} = K\frac{|q_3\,q_1|}{x^2}$$

$$\frac{|q_2|}{d^2} = \frac{|q_3|}{x^2}$$

$$|q_3|\,d^2 = |q_2|\,x^2$$

Mas:

$$x = \frac{d}{3}$$

Então:

$$|q_3|\,d^2 = |q_2|\left(\frac{d}{3}\right)^2 \Rightarrow |q_3|\,d^2 = |q_2|\,\frac{d^2}{9}$$

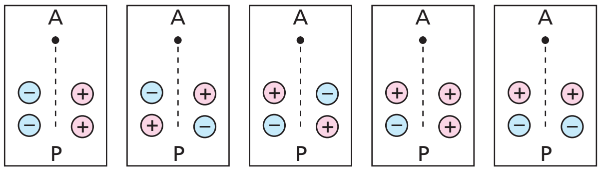
$$|q_3| = \frac{|q_2|}{9} \Rightarrow |q_3| = \frac{4|q_1|}{9}$$

$$\boxed{q_3 = \frac{4q_1}{9}}$$

Nota:
- Este cálculo pode ser feito utilizando-se a carga q_2. O valor obtido será o mesmo.

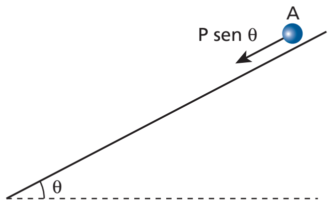
Respostas: a) $\frac{d}{3}$; b) $\frac{4q_1}{9}$

41 (Fuvest-SP) Um pequeno objeto, com carga elétrica positiva, é largado da parte superior de um plano inclinado, no ponto **A**, e desliza, sem ser desviado, até atingir o ponto **P**. Sobre o plano, estão fixados 4 pequenos discos com cargas elétricas de mesmo módulo. As figuras representam os discos e os sinais das cargas, vendo-se o plano de cima. Das configurações abaixo, a única compatível com a trajetória retilínea do objeto é:

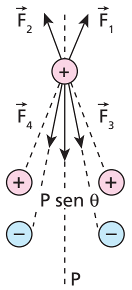


a) b) c) d) e)

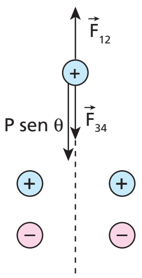
Resolução:
Na esfera abandonada no ponto **A** do plano inclinado, a força resultante deve ter a direção **AP** e sentido de **A** para **P**.
Isso ocorre apenas na situação encontrada na alternativa **e**.



Além da componente tangencial da força peso (P sen θ), ainda temos a resultante das forças elétricas. $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ são forças de repulsão exercidas pelas cargas positivas.
$\vec{F}_3$ e $\vec{F}_4$ são forças de atração exercidas pelas cargas negativas.



A resultante é observada em:



Que resulta:

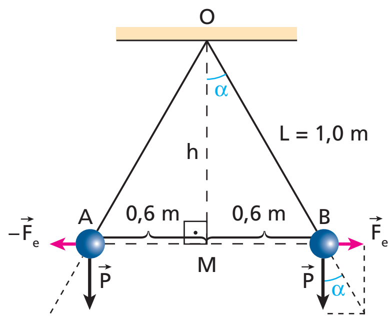
Resposta: e

42 E.R. Duas esferas condutoras idênticas muito pequenas, de mesma massa m = 0,30 g, encontram-se no vácuo, suspensas por meio de dois fios leves, isolantes, de comprimentos iguais L = 1,0 m e presos a um mesmo ponto de suspensão **O**. Estando as esferas separadas, eletriza-se uma delas com carga **Q**, mantendo-se a outra neutra. Em seguida, elas são colocadas em contato e depois abandonadas, verificando-se que na posição de equilíbrio a distância que as separa é d = 1,2 m. Determine a carga **Q**.
Dados: $Q > 0$; $K_0 = 9{,}0 \cdot 10^9\ N\ m^2\ C^{-2}$; $g = 10\ m\ s^{-2}$.

Resolução:
Como as esferas são idênticas, pode-se afirmar que após o contato elas estarão igualmente eletrizadas. Assim:

$$Q_A = Q_B = \frac{Q}{2}$$

Fazendo um esquema das forças relevantes nas esferas **A** e **B**, temos:



Da figura, podemos afirmar que:

$$\frac{F_e}{P} = \text{tg}\,\alpha \quad \text{e} \quad \text{tg}\,\alpha = \frac{0{,}6}{h}$$

Da **relação de Pitágoras**, aplicada ao triângulo OMB, vem:

$$(1{,}0)^2 = (0{,}6)^2 + h^2 \Rightarrow h = 0{,}8\ m$$

Assim, obtemos:

$$F_e = P \cdot \frac{0{,}6}{0{,}8} \Rightarrow F_e = P \cdot \frac{3}{4} \quad \text{(I)}$$

Mas:

$$F_e = K\frac{|Q_A\,Q_B|}{d^2} = \frac{K \cdot \frac{Q}{2} \cdot \frac{Q}{2}}{d^2} = \frac{K\,Q^2}{4d^2}$$

$$F_e = \frac{9{,}0 \cdot 10^9\,Q^2}{4(1{,}2)^2} \quad \text{(II)}$$

$$P = m\,g = 0{,}30 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \quad \text{(III)}$$

Então, substituindo (II) e (III) em (I), vem:

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

$$Q^2 = 1{,}44 \cdot 10^{-12} \Rightarrow Q = 1{,}2 \cdot 10^{-6}\ C$$

$$\boxed{Q = 1{,}2\ \mu C}$$

43 (Unesp-SP) Considere duas pequenas esferas condutoras iguais, separadas pela distância d = 0,3 m. Uma delas possui carga $Q_1 = 1 \cdot 10^{-9}$ C e a outra $Q_2 = -5 \cdot 10^{-10}$ C.

Utilizando $\frac{1}{(4\pi\, \varepsilon_0)} = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2$,

a) calcule a força elétrica **F** de uma esfera sobre a outra, declarando se a força é atrativa ou repulsiva.
b) A seguir, as esferas são colocadas em contato uma com a outra e recolocadas em suas posições originais. Para esta nova situação, calcule a força elétrica **F** de uma esfera sobre a outra, declarando se a força é atrativa ou repulsiva.

Resolução:

a) Lei de Coulomb:

$$F = K_0 \frac{|Q\ q|}{d^2}$$

Sendo: $K_0 = \frac{1}{4\pi\, \varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ (SI)

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-9} \cdot 5 \cdot 10^{-10}}{(0,3)^2}\ (N)$$

$$\boxed{F = 5 \cdot 10^{-8}\ N}$$

Cargas elétricas de **sinais opostos**: força **atrativa**.

b) Após o contato:

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

$$Q = \frac{(+1 \cdot 10^{-9}) + (-5 \cdot 10^{-10})}{2}\ (C)$$

$$Q = \frac{[(+10) + (-5)]}{2} \cdot 10^{-10}\ (C)$$

$$Q = +2,5 \cdot 10^{-10}\ C$$

Lei de Coulomb:

$$F = K_0 \frac{|Q \cdot Q|}{d^2}$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{(2,5 \cdot 10^{-10})^2}{(0,3)^2}$$

$$\boxed{F = 6,25 \cdot 10^{-9}\ N}$$

Agora as cargas elétricas têm **sinais iguais**: força **repulsiva**.

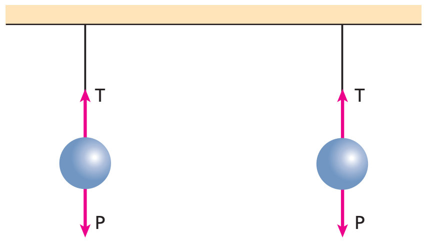
Respostas: a) $5 \cdot 10^{-8}$ N, atrativa; b) $6,25 \cdot 10^{-9}$ N, repulsiva

44 (Fuvest-SP) Duas pequenas esferas metálicas idênticas, inicialmente neutras, encontram-se suspensas por fios inextensíveis e isolantes.

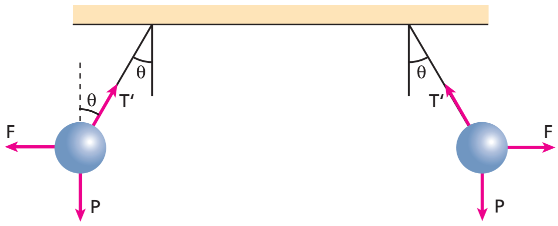
Um jato de ar perpendicular ao plano da figura é lançado durante um certo intervalo de tempo sobre as esferas. Observa-se então que ambas as esferas estão fortemente eletrizadas.
Quando o sistema alcança novamente o equilíbrio estático, podemos afirmar que as tensões nos fios:

a) aumentaram e as esferas atraem-se.
b) diminuíram e as esferas repelem-se.
c) aumentaram e as esferas repelem-se.
d) diminuíram e as esferas atraem-se
e) não sofreram alterações.

Resolução:
No início, quando as esferas estão eletricamente neutras.



T = P
O atritamento entre o jato de ar e as esferas provoca a eletrização destas com cargas elétricas de mesmo sinal, ocasionando a repulsão entre elas.



No equilíbrio, temos:
$T' \cos\theta = P$

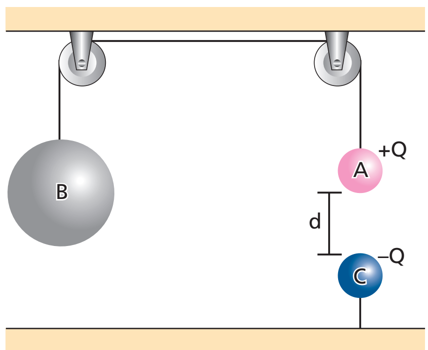
$$T' = \frac{P}{\cos\theta}$$

Sendo $\theta < 90°$, $\cos\theta < 1$ e
$T' > P$
Assim:

$$\boxed{T' > T}$$

Resposta: c

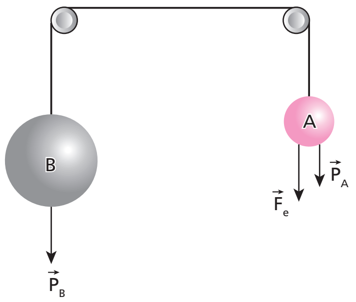
45 (Olimpíada Brasileira de Física) Os corpos **A** e **B**, de massas **m** e **M** respectivamente, estão atados por uma corda que passa por duas roldanas. O corpo **A** está carregado com carga +Q e sofre a ação de uma outra carga –Q, que se encontra a uma distância **d** (figura a seguir). Nessa situação todo o sistema encontra-se em equilíbrio.



Se as massas **A** e **B** quadruplicarem, qual deve ser a nova distância entre as cargas para que o sistema fique em equilíbrio? Considere desprezíveis a massa da corda e o atrito nas roldanas.

a) d.
b) $\frac{d}{2}$.
c) $\frac{d}{4}$.
d) 2d.
e) 4d.

Resolução:
Na situação inicial, temos:



$F_e + P_A = P_B$

$K \dfrac{|Q_A \cdot Q_C|}{d^2} + m\,g = M\,g$

$K \dfrac{Q^2}{d^2} = (M - m)\,g$

$d^2 = \dfrac{K\,Q^2}{(M - m)\,g}$

Na situação final, temos:

$(d')^2 = \dfrac{K\,Q^2}{(4M - 4m)\,g} = \dfrac{K\,Q^2}{4(M - m)\,g}$

Assim:

$(d')^2 = \dfrac{d^2}{4}$

$\boxed{d' = \dfrac{d}{2}}$

Resposta: b

46 (UEL-PR) Três partículas carregadas positivamente, cada uma com carga **q**, ocupam os vértices de um triângulo retângulo cujos catetos são iguais e medem **d**. Sabendo-se que as cargas estão num meio cuja constante eletrostática é **k**, a força elétrica resultante sobre a carga do ângulo reto é dada pela expressão:

a) $\dfrac{k\,q^2}{2d^2}$.

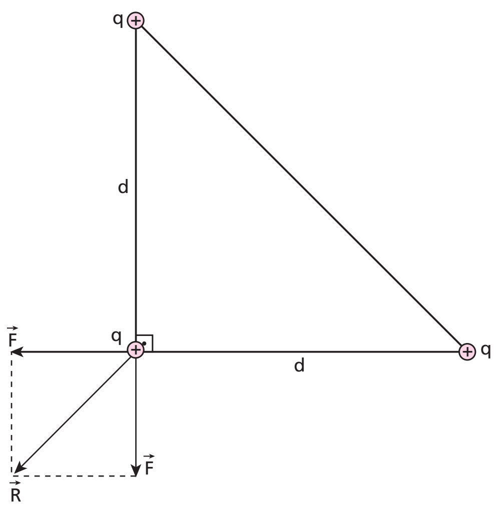
b) $\dfrac{\sqrt{2}\;k\,q^2}{2d^2}$.

c) $\dfrac{k\,q^2}{d^2}$.

d) $\dfrac{\sqrt{2}\;k\,q^2}{d^2}$.

e) $\dfrac{2\,k\,q^2}{d^2}$.

Resolução:



Por Pitágoras:

$R^2 = F^2 + F^2 = 2\,F^2$

$R = \sqrt{2}\;F$

Como:

$F = k \dfrac{|q\,q|}{d^2}$

vem:

$\boxed{R = \dfrac{\sqrt{2}\;k\,q^2}{d^2}}$

Resposta: d

47 As duas esferas idênticas da figura **A**, uma eletrizada e a outra neutra, foram colocadas em contato e, em seguida, recolocadas em suas posições iniciais, aparecendo entre elas uma força elétrica de repulsão de intensidade **F**. As esferas estão em equilíbrio na posição indicada na figura **B**. Se a massa de cada esfera vale 10 g, o meio é o vácuo ($K_0 = 9 \cdot 10^9$ N m²/C²) e g = 10 m/s², qual o módulo da carga de cada esfera, na figura **B**?

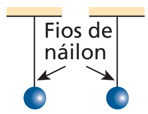


Figura **A**

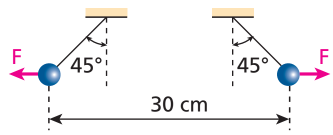
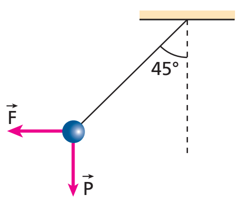


Figura **B**

Resolução:



Como o ângulo de inclinação é 45º, as forças $\vec{F}$ e $\vec{P}$ possuem intensidades iguais.

$F = P$

$K \dfrac{|q\,q|}{d^2} = m\,g$

$\dfrac{9 \cdot 10^9\,q^2}{(0{,}30)^2} = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 10$

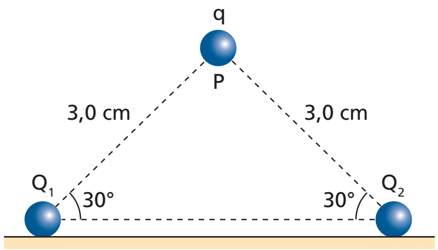
$q^2 = \dfrac{10^{-1} \cdot 9 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^9} \;\Rightarrow\; q^2 = 10^{-12}$

$\boxed{q = 1 \cdot 10^{-6}\ C = 1\ \mu C}$

Resposta: 1 μC

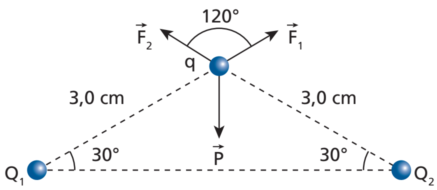
48 (Mack-SP) Duas cargas elétricas puntiformes idênticas Q_1 e Q_2, cada uma com $1{,}0 \cdot 10^{-7}$ C, encontram-se fixas sobre um plano horizontal, conforme a figura a seguir. Uma terceira carga **q**, de massa 10 g, encontra-se em equilíbrio no ponto **P**, formando assim um triângulo isósceles vertical. Sabendo que as únicas forças que agem em **q** são as de interação eletrostática com Q_1 e Q_2 e seu próprio peso, o valor desta terceira carga é:

Dados: $K_0 = 9 \cdot 10^9$ N m²/C²;
$g = 10$ m/s².



a) $1{,}0 \cdot 10^{-5}$ C.
b) $2{,}0 \cdot 10^{-6}$ C.
c) $1{,}0 \cdot 10^{-6}$ C.
d) $2{,}0 \cdot 10^{-7}$ C.
e) $1{,}0 \cdot 10^{-7}$ C.

Resolução:



Na condição de equilíbrio da carga **q**, temos:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{P}$$

Usando a Lei dos Cossenos, temos:

$$|\vec{F}_1 + \vec{F}_2|^2 = P^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1\,F_2 \cos 120°$$

Mas:

$$F_1 = F_2 = K\frac{|Q_1\,q|}{d^2}$$

$$F_1 = F_2 = 9{,}0 \cdot 10^9 \frac{1{,}0 \cdot 10^{-7} \cdot q}{(3{,}0 \cdot 10^{-2})^2}$$

$$F_1 = F_2 = \frac{9{,}0 \cdot 10^2\,q}{9{,}0 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow F_1 = F_2 = 1{,}0 \cdot 10^6\,q$$

Então:

$P^2 = F^2 + F^2 - F^2$

$P^2 = F^2$

$P = F$

$m\,g = F$

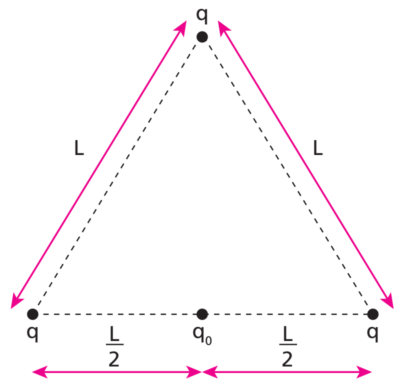
$10 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 1{,}0 \cdot 10^6\,q$

$$\boxed{q = 1{,}0 \cdot 10^{-7}\ \text{C}}$$

Resposta: e

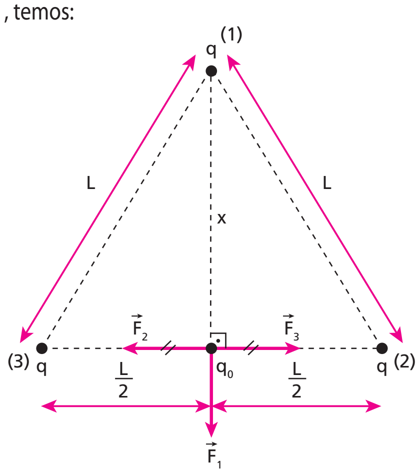
49 (UFPE) Nos vértices de um triângulo equilátero de lado L = 3,0 cm, são fixadas cargas **q** pontuais e iguais. Considerando q = 3,0 μC, determine o módulo da força, em **N**, sobre uma carga pontual $q_0 = 2{,}0$ μC, que se encontra fixada no ponto médio do triângulo.

Dado: $K = 9 \cdot 10^9$ (SI)



Resolução:

Na carga q_0, temos:



$$F_2 = F_3 \Rightarrow (\vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{O})$$

Assim, usando a Lei de Coulomb, vem:

$$F_1 = K\frac{|q \cdot q_0|}{x^2}$$

Mas, por Pitágoras:

$$L^2 = x^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2$$

$$L^2 = x^2 + \frac{L^2}{4}$$

$$x^2 = L^2 - \frac{L^2}{4} = \frac{3L^2}{4}$$

$$x^2 = \frac{3}{4} \cdot (3{,}0 \cdot 10^{-2})\text{m} = \frac{27 \cdot 10^{-4}}{4}\text{m}$$

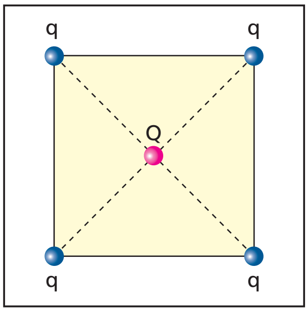
Portanto:

$$F_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{3{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-6}}{\frac{27 \cdot 10^{-4}}{4}}$$

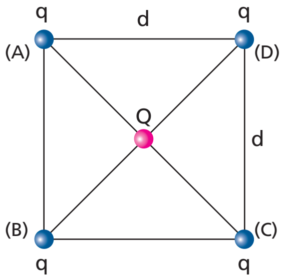
$$\boxed{F_1 = 80\text{N}}$$

Resposta: 80N

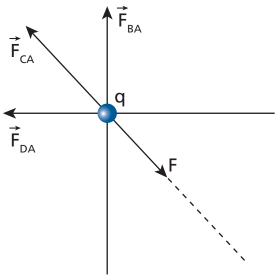
50 (UFJF-MG) Quatro cargas elétricas iguais de módulo **q** estão situadas nos vértices de um quadrado, como mostra a figura. Qual deve ser o módulo da carga **Q** de sinal contrário que é necessário colocar no centro do quadrado para que todo o sistema de cargas fique em equilíbrio?



Resolução:



Em **A**, supondo que as cargas **q** sejam positivas e **Q** seja negativa, temos:



Condição de equilíbrio:

$\vec{F}_{BA} + \vec{F}_{CA} + \vec{F}_{DA} + \vec{F} = \vec{O}$

Somando $\vec{F}_{BA}$ e $\vec{F}_{DA}$:

Por Pitágoras:

$F_R^2 = F_{BA}^2 + F_{DA}^2$

Como: $F_{BA} = F_{DA} = K\dfrac{|q\,q|}{d^2}$

temos:

$F_R^2 = 2F_{BA}^2 \;\Rightarrow\; F_R = \sqrt{2}\,F_{BA} \;\Rightarrow\; F_R = \sqrt{2}\,K\dfrac{|q\,q|}{d^2}$

Assim:

$F_R + F_{CA} = F$

$$\sqrt{2}\,K\frac{|q\,q|}{d^2} + K\frac{|q\,q|}{(d\sqrt{2})^2} = K\frac{|Q\,q|}{\left(\dfrac{d\sqrt{2}}{2}\right)^2}$$

$$\frac{\sqrt{2}\,|q|}{d^2} + \frac{|q|}{d^2 \cdot 2} = \frac{|Q|}{\dfrac{d^2\ 2}{4}}$$

$$\frac{\sqrt{2}\,|q|}{d^2} + \frac{|q|}{2d^2} = \frac{2\,|Q|}{d^2}$$

$$\sqrt{2}\,|q| + \frac{|q|}{2} = 2\,|Q|$$

$$\frac{(2\sqrt{2}+1)|q|}{2} = 2\,|Q|$$

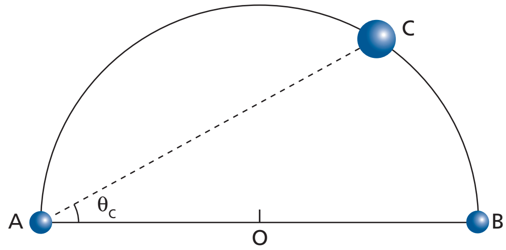
$$\boxed{|Q| = \left(\frac{(2\sqrt{2}+1)}{4}\right)|q|}$$

Nota:

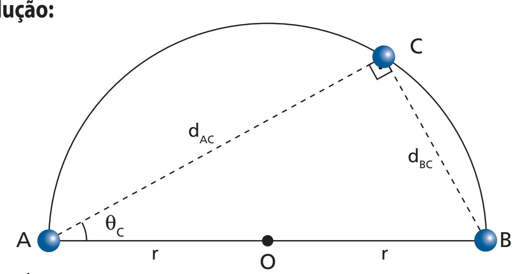
- Se as cargas **q** fossem negativas e **Q** fosse positiva, o resultado seria o mesmo.

Resposta: $\left(\dfrac{(2\sqrt{2}+1)}{4}\right) \cdot |q|$

51 (UFBA) Uma pequena esfera vazada **C**, com uma carga positiva, é perpassada por um aro semicircular situado num plano horizontal, com extremidades nos pontos **A** e **B**, como indica a figura abaixo. A esfera pode se deslocar sem atrito tendo o aro como guia. Nas extremidades **A** e **B** do aro são colocadas pequenas esferas com cargas +125 μC e +8 μC, respectivamente. Determine a tangente do ângulo θ_c, para o qual a esfera **C** permanece em equilíbrio.



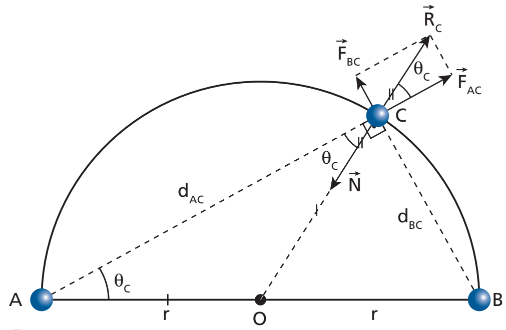
Resolução:



$\text{tg}\,\theta_C = \dfrac{d_{BC}}{d_{AC}}$ (I)

Para que a esfera vazada **C** permaneça em equilíbrio, é preciso que a força resultante das repulsões de **A** e **B** seja equilibrada pela força normal exercida pelo aro.

Observemos que o sistema encontra-se em um plano horizontal, portanto, a força peso não interfere no equilíbrio da esfera **C**.



$\text{tg}\,\theta_C = \dfrac{F_{BC}}{F_{AC}}$

Como: $F = K\dfrac{|Q\,q|}{d^2}$

temos:

$$\text{tg}\,\theta_C = \frac{K\dfrac{|Q_B \cdot q|}{d_{BC}^2}}{K\dfrac{|Q_A\,q|}{d_{AC}^2}} = \frac{|Q_B|\,d_{AC}^2}{|Q_A|\,d_{BC}^2} \quad \text{(II)}$$

Igualando (I) e (II), temos:

$$\frac{d_{BC}}{d_{AC}} = \frac{|Q_B|\, d_{AC}^2}{|Q_A| d_{BC}^2} \Rightarrow 125 \cdot 10^{-6}\, d_{BC}^3 = 8 \cdot 10^{-6}\, d_{AC}^3$$

$$125\, d_{BC}^3 = 8\, d_{AC}^3 \Rightarrow 5\, d_{BC} = 2\, d_{AC}$$

$$d_{AC} = 2{,}5\, d_{BC}$$

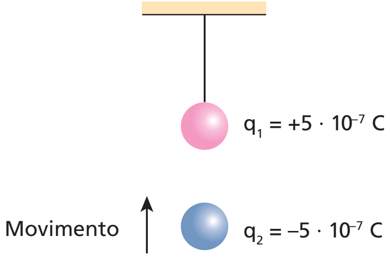
Assim, em (I), vem:

$$\text{tg}\, \theta_C = \frac{d_{BC}}{d_{AC}} = \frac{d_{BC}}{2{,}5\, d_{BC}}$$

$$\boxed{\text{tg}\, \theta_C = 0{,}40}$$

Resposta: 0,40

52 (Unicamp-SP) Uma pequena esfera isolante, de massa igual a $5 \cdot 10^{-2}$ kg e carregada com uma carga positiva de $5 \cdot 10^{-7}$ C, está presa ao teto por um fio de seda. Uma segunda esfera com carga negativa de $5 \cdot 10^{-7}$ C, movendo-se na direção vertical, é aproximada da primeira. Considere $K = 9 \cdot 10^9$ N m²/C² e $g = 10$ m/s².



a) Calcule a força eletrostática entre as duas esferas quando a distância entre os seus centros é de 0,5 m.
b) Para uma distância de $5 \cdot 10^{-2}$ m entre os centros, o fio de seda se rompe. Determine a tração máxima suportada pelo fio.

Resolução:

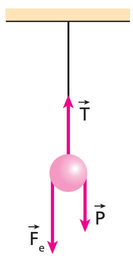
a) Lei de Coulomb:

$$F = K \frac{|Q\, q|}{d^2}$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 10^{-7}}{(0{,}5)^2}$$

$$\boxed{F = 9 \cdot 10^{-3}\ \text{N}}$$

b)



$$T = P + F_e$$

$$T = m\, g + K \frac{|q_1\, q_2|}{d^2}$$

$$T = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10 + 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 10^{-7}}{(5 \cdot 10^{-2})^2}$$

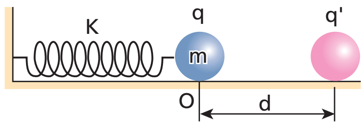
$$T = 0{,}5 + 0{,}9 \Rightarrow \boxed{T = 1{,}4\ \text{N}}$$

Respostas: a) $9 \cdot 10^{-3}$ N; b) 1,4 N

53 (ITA-SP) Uma partícula de massa $M \simeq 10{,}0$ g e carga $q = -2{,}0 \cdot 10^{-6}$ C é acoplada a uma mola de massa desprezível. Esse conjunto é posto em oscilação e seu período medido é $P = 0{,}40\, \pi$ s. É fixada a seguir uma outra partícula de carga $q' = 0{,}20 \cdot 10^{-6}$ C a uma distância **d** da posição de equilíbrio **O** do sistema massa-mola (ver figura). O conjunto é levado lentamente até a nova posição de equilíbrio, distante $x \simeq 40$ cm da posição de equilíbrio inicial **O**. Qual o valor de **d**?

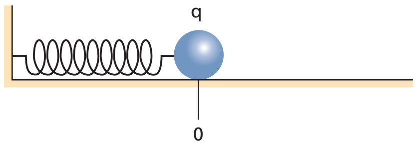
É dado: $K_0 = 9 \cdot 10^9$ N m²/C².

Obs.: Considere as duas cargas puntiformes.

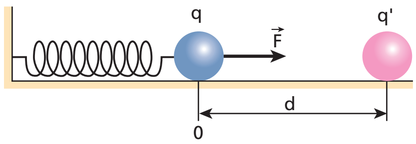


Resolução:

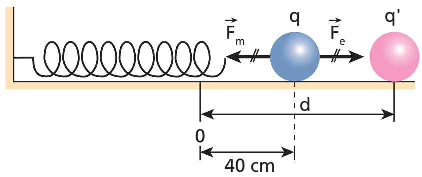
Situação de equilíbrio inicial:



A carga q' é fixada a uma distância **d** da posição de equilíbrio inicial, desfazendo esse equilíbrio.



A carga **q** é levada para a nova posição de equilíbrio:



Portanto:

$$F_m = F_e$$

$$K\, x = K_0 \frac{|q\, q'|}{(d - 0{,}40)^2}$$

Como, no MHS, temos:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$$

$$0{,}40\pi = 2\pi \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-3}}{K}}$$

$$K = 0{,}25\ \text{N/m}$$

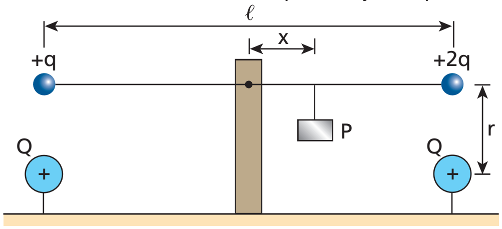
Assim:

$$0{,}25 \cdot 0{,}40 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}2 \cdot 10^{-6}}{(d - 0{,}40)^2}$$

$$\boxed{d \simeq 0{,}59\ \text{m} \simeq 59\ \text{cm}}$$

Resposta: 59 cm

54 (UFU-MG) A figura mostra uma barra isolante, sem massa, de comprimento $\ell = 2$ m, presa por um pino no centro. Nas suas extremidades estão presas cargas positivas q e 2q, sendo $q = 1 \cdot 10^{-6}$ C. A uma distância r = 0,3 m, diretamente abaixo de cada uma dessas cargas, encontra-se afixada uma carga positiva $Q = 4 \cdot 10^{-6}$ C. Considere somente as interações entre as cargas situadas diretamente abaixo uma da outra e $K = 9 \cdot 10^9$ N m²/C². Sabe-se que a reação no pino é nula.



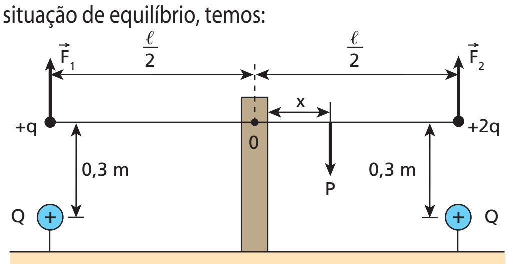
Determine:

a) o valor do peso **P** necessário para manter a barra em equilíbrio na horizontal;

b) a distância **x**, a partir do pino, onde o peso **P** deve ser suspenso quando a barra está balanceada, e de que lado do suporte (esquerdo ou direito).

Resolução:

a) Na situação de equilíbrio, temos:



Condição de equilíbrio:

$\Sigma\vec{F} = \vec{O}$

$P = F_1 + F_2$

Usando a Lei de Coulomb, temos:

$F = K\dfrac{|Q\,q|}{d^2}$

$F_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{(0,3)^2} \Rightarrow F_1 = 0,4$ N

$F_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{(0,3)^2} \Rightarrow F_2 = 0,8$ N

Portanto:

$P = 0,4 + 0,8$ (N)

$\boxed{P = 1,2 \text{ N}}$

b) A outra condição para ocorrer equilíbrio é:

$\Sigma M_0 = 0$

$F_1 \dfrac{\ell}{2} + P\,x = F_2 \dfrac{\ell}{2}$

$0,4 \cdot \dfrac{2}{2} + 1,2 \cdot x = 0,8 \cdot \dfrac{2}{2}$

$1,2\,x = 0,4$

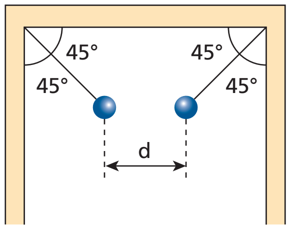
$\boxed{x = \dfrac{1}{3}\text{ m}}$

Nota:

- Para ocorrer equilíbrio, o peso **P** deve estar suspenso a $\frac{1}{3}$ m, do lado **direito** da barra.

Respostas: a) 1,2 N; b) $\frac{1}{3}$ m, do lado direito

55 (Mack-SP) Duas pequenas esferas metálicas idênticas, de 10 gramas cada uma, estão suspensas por fios isolantes, presos a duas paredes verticais, como mostra a figura ao lado. As esferas eletrizadas com cargas $q_1 = +1,0$ µC e $q_2 = -1,0$ µC, respectivamente, estão em equilíbrio na posição indicada.

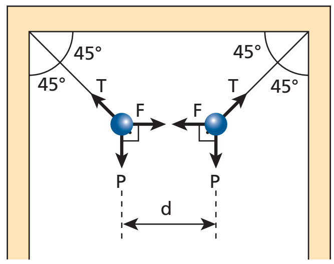


O meio é o vácuo ($K_0 = 9 \cdot 10^9$ N · m²/C²) e a aceleração gravitacional local é g = 10 m/s². A distância **d**, entre as referidas esferas, é:

a) 1,0 cm. b) 2,0 cm. c) 3,0 cm. d) 10 cm. e) 30 cm.

Resolução:

Situação descrita:



Para o equilíbrio das esferas devemos ter:

$$\begin{cases} T \text{ sen } 45° = P \\ T \cos 45° = F \end{cases}$$

Como sen 45º = cos 45º, vem:

F = P

$K\dfrac{|Q\,q|}{d^2} = m\,g$

$9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{1,0 \cdot 10^{-6} \cdot 1,0 \cdot 10^{-6}}{d^2} = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 10$

$9 \cdot 10^{-3} = 10^{-1}\,d^2$

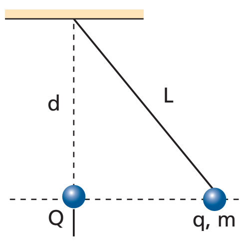
$d^2 = 9 \cdot 10^{-2}$

$d = 3,0 \cdot 10^{-1}$ m

$\boxed{d = 30 \text{ cm}}$

Resposta: e

56 (UFG-GO) Numa experiência rudimentar para medir a carga eletrostática de pequenas bolinhas de plástico carregadas positivamente, pendura-se a bolinha, cuja carga se quer medir, em um fio de seda de 5 cm de comprimento e massa desprezível. Aproxima-se, ao longo da vertical, uma outra bolinha com carga de valor conhecido Q = 10 nC, até que as duas ocupem a mesma linha horizontal, como mostra a figura.

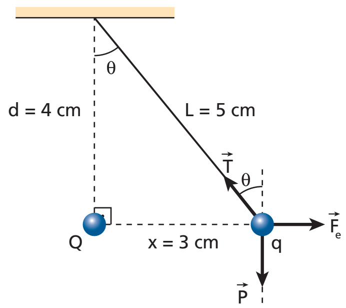


Sabendo-se que a distância medida da carga **Q** até o ponto de fixação do fio de seda é de 4 cm e que a massa da bolinha é de 0,4 g, o valor da carga desconhecida é de:

a) 30 nC.
b) 25 nC.
c) 32 nC.
d) 53 nC.
e) 44 nC.

Dados: $K = 9 \cdot 10^9\ Nm^2/C^2$; $g = 10\ m/s^2$; $L = 5$ cm; $d = 4$ cm; $m = 0,4$ g; $Q = 10$ nC.

Resolução:



Assim:

$$\begin{cases} T \cos\theta = P \\ T \operatorname{sen}\theta = F_e \end{cases}$$

$$\begin{cases} T \cdot \frac{4}{5} = m\,g \\ T \cdot \frac{3}{5} = F_e \end{cases}$$

$$\begin{cases} T = \frac{5\,m\,g}{4} \\ T = \frac{5\,F_e}{3} \end{cases}$$

Assim:

$$\frac{5\,F_e}{3} = \frac{5\,m\,g}{4}$$

$$K \frac{|Q\,q|}{x^2} = \frac{3}{4} m\,g$$

$$9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10 \cdot 10^{-9} \cdot q}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = \frac{3}{4} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 10$$

$$\frac{90}{9 \cdot 10^{-4}} \cdot q = 3 \cdot 10^{-3}$$

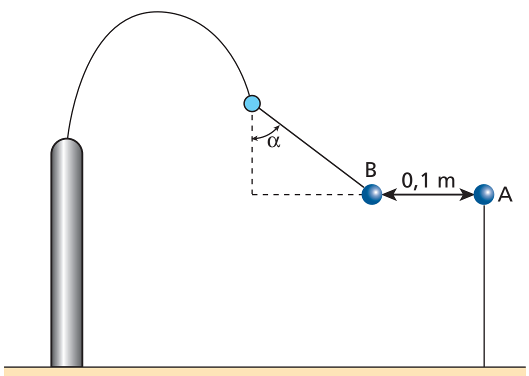
$$q = 3 \cdot 10^{-8}\ C$$

$$q = 30 \cdot 10^{-9}\ C$$

$$\boxed{q = 30\ nC}$$

Resposta: a

57 (Ufop-MG) A figura a seguir mostra a configuração de equilíbrio de uma pequena esfera **A** e um pêndulo **B** que possuem cargas de mesmo módulo.



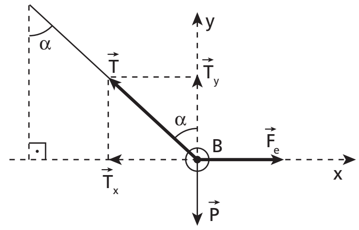
Dados: aceleração da gravidade $g = 10\ m/s^2$; $\frac{1}{4\pi\,\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$.

a) O que pode ser afirmado sobre os sinais das cargas **A** e **B**?
b) Se $\operatorname{tg}\alpha = \frac{4}{3}$ e a massa de **B** é 0,1 kg, determine os módulos das cargas de **A** e **B**.

Resolução:

a) Como está ocorrendo atração entre as esferas, elas estão eletrizadas com cargas de sinais opostos (uma positiva e a outra negativa).

b) Na esfera **B**, decompondo $\vec{T}$, temos:



$$T_x = T \operatorname{sen}\alpha$$
$$T_y = T \cos\alpha$$

Portanto, sendo:

$$T_x = F_e$$
$$T_y = P$$

dividindo membro a membro, temos:

$$\frac{T \operatorname{sen}\alpha}{T \cos\alpha} = \frac{F_e}{m\,g}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{F_e}{m\,g}$$

$$\frac{4}{3} = \frac{F_e}{0,1 \cdot 10} \Rightarrow F_e = \frac{4}{3}\ N$$

Usando a Lei de Coulomb, vem:

$$F_e = K \frac{|Q\,q|}{d^2}$$

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

$$Q^2 = \frac{0,04}{27 \cdot 10^9} = \frac{40 \cdot 10^{-12}}{27}$$

$$Q = \sqrt{\frac{40}{27}} \cdot 10^{-6}\ C$$

$$\boxed{Q = \sqrt{\frac{40}{27}}\ \mu C}$$

Respostas: a) sinais opostos; b) $\sqrt{\frac{40}{27}}\ \mu C$

58 (UFG-GO) Considere a situação hipotética esquematizada na Figura 1, onde duas esferas idênticas de massa m = 90 g, carregadas com cargas de 2 μC cada, estão separadas por 20 cm.

Dobram-se as cargas nas esferas e, para que as esferas não saiam de suas posições, prende-se uma mola entre elas, como na Figura 2.

A mola distende-se 1,0 cm. Qual a constante elástica da mola? (Adote $g = 10\ m/s^2$ e $K_0 = 9,0 \cdot 10^9\ Nm^2/C^2$.)

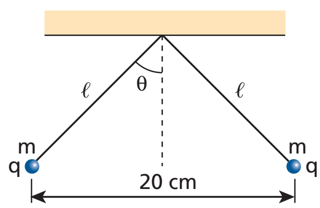


Figura 1 – Esferas carregadas com cargas de 2 μC cada.

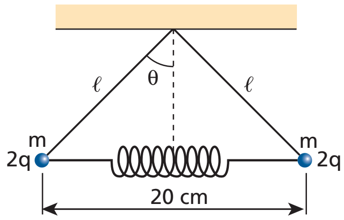
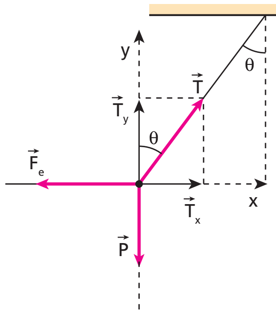


Figura 2 – Esferas carregadas com cargas de 4 μC cada e ligadas por uma mola.

Resolução:
Na situação inicial, decompondo-se $\vec{T}$, temos:



$T_x = T \text{ sen } \theta$

$T_y = T \cos \theta$

Na situação de equilíbrio:

$$\begin{cases} T_x = F_e \\ T_y = P \end{cases}$$

$$\frac{T \text{ sen } \theta}{T \cos \theta} = \frac{F_e}{m\,g} \Rightarrow F_e = m\,g\,\text{tg}\,\theta$$

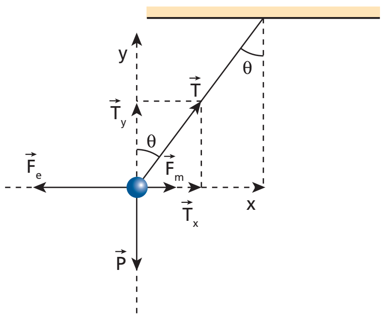
Usando a Lei de Coulomb, temos:

$$K \frac{|Q\,q|}{d^2} = m\,g\,\text{tg}\,\theta$$

$$9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{(0{,}20)^2} = 0{,}090 \cdot 10 \cdot \text{tg}\,\theta$$

$$\text{tg}\,\theta = 1 \Rightarrow \theta = 45°$$

Na situação final, temos:



$T_x = T \text{ sen } \theta$

$T_y = T \cos \theta$

No equilíbrio, vem:

$$\begin{cases} T_x = F_e - F_m \\ T_y = P \end{cases}$$

$$\frac{T \text{ sen } \theta}{T \cos \theta} = \frac{F_e - F_m}{m\,g}$$

$$m\,g\,\text{tg}\,\theta = F_e - F_m$$

$$0{,}090 \cdot 10 \cdot 1 =$$

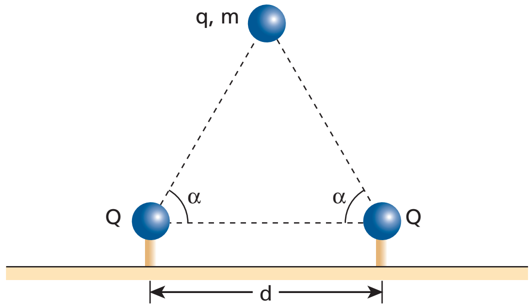
$$= 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{(0{,}20)^2} - k \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-2}$$

$$0{,}9 = 3{,}6 - 0{,}01\,k$$

$$0{,}01\,k = 2{,}7 \Rightarrow \boxed{k = 2{,}7 \cdot 10^2 \text{ N/m}}$$

Resposta: $k = 2{,}7 \cdot 10^2$ N/m

59 (ITA-SP) Uma pequena esfera de massa **m** e carga **q**, sob a influência da gravidade e da interação eletrostática, encontra-se suspensa por duas cargas **Q** fixas, colocadas a uma distância **d** no plano horizontal, como mostra a figura.



Considere que a esfera e as duas cargas fixas estejam no mesmo plano vertical e que sejam iguais a α os respectivos ângulos entre a horizontal e cada reta passando pelos centros das cargas fixas e da esfera. A massa da esfera é, então:

a) $\frac{4}{4\pi\,\varepsilon_0} \frac{q\,Q}{d^2} \frac{\cos^2\alpha}{g}$.

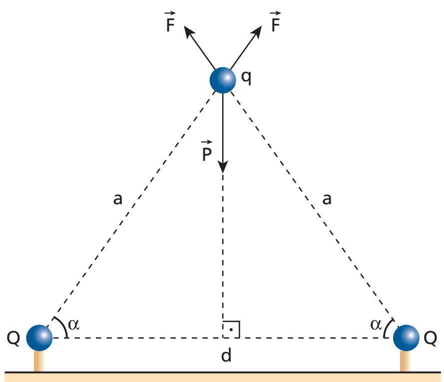
b) $\frac{4}{4\pi\,\varepsilon_0} \frac{q\,Q}{d} \frac{\text{sen}\,\alpha}{g}$.

c) $\frac{8}{4\pi\,\varepsilon_0} \frac{q\,Q}{d^2} \frac{\cos^2\alpha}{g}$.

d) $\frac{8}{4\pi\,\varepsilon_0} \frac{q\,Q}{d^2} \frac{\cos^2\alpha\,\text{sen}\,\alpha}{g}$.

e) $\frac{4}{4\pi\,\varepsilon_0} \frac{q\,Q}{d^2} \frac{\cos^2\alpha\,\text{sen}\,\alpha}{g}$.

Resolução:
Observe que a condição de equilíbrio exige simetria na configuração, sendo as cargas elétricas da base iguais, e a interação entre elas e a carga **q** tem de ser de repulsão.



Decompondo as forças $\vec{F}$ segundo a horizontal e a vertical, notamos que:

$2F_y = P$

$2F \text{ sen } \alpha = m\,g$

Da Lei de Coulomb, temos:

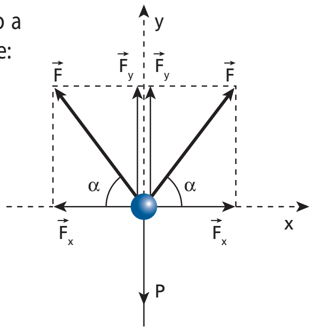
$$2K\frac{|Q\,q|}{a^2}\text{ sen }\alpha = m\,g$$

Mas: $K = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ e $a = \dfrac{d}{2\cos\alpha}$

Então:

$$2\cdot\frac{1}{4\pi\,\varepsilon_0}\cdot\frac{Q\,q}{\left(\dfrac{d}{2\cos\alpha}\right)^2}\text{ sen }\alpha = m\,g$$

$$\boxed{m = \frac{8}{4\pi\,\varepsilon_0}\cdot\frac{Q\,q}{d^2}\cdot\frac{\cos^2\alpha\text{ sen }\alpha}{g}}$$



Resposta: d

60 (ITA-SP) Utilizando o modelo de Bohr para o átomo, calcule o número aproximado de revoluções efetuadas por um elétron no primeiro estado excitado do átomo de hidrogênio, se o tempo de vida do elétron, nesse estado excitado, é de 10^{-8} s. São dados: o raio da órbita do estado fundamental é de $5{,}3 \cdot 10^{-11}$ m e a velocidade do elétron nessa órbita é de $2{,}2 \cdot 10^6$ m/s.

a) $1 \cdot 10^6$ revoluções.
b) $4 \cdot 10^7$ revoluções.
c) $5 \cdot 10^7$ revoluções.
d) $8 \cdot 10^6$ revoluções.
e) $9 \cdot 10^6$ revoluções.

Resolução:

No átomo de Bohr, o raio da órbita é dado por:

$R = n^2 R_0$

em que $R_0 = 5{,}3 \cdot 10^{-11}$ m (raio da órbita fundamental).

Para o estado fundamental n = 1, para o primeiro nível excitado n = 2.

Assim:

$R = 2^2\ R_0$

$R = 4\,R_0$

Como a força eletrostática faz o papel de força centrípeta, temos:

$F_e = F_{cp}$

$$K\frac{e\cdot e}{R^2} = \frac{m\,r^2}{R}$$

$$v^2 = \frac{K\,e^2}{m\,R}$$

Sendo **v** inversamente proporcional a $\sqrt{R}$, se $R = 4R_0$, temos:

$$v = \frac{v_0}{2} = 1{,}1\cdot 10^6\text{ m/s}$$

Portanto:

$$v = \frac{2\pi\,R}{T}$$

$$1{,}1\cdot 10^6 = \frac{2\cdot 3{,}14\cdot 4\cdot 5{,}3\cdot 10^{-11}}{T}$$

$T \simeq 1{,}2 \cdot 10^{-15}$ s

Como o elétron tem vida de 10^{-8} s, vem:

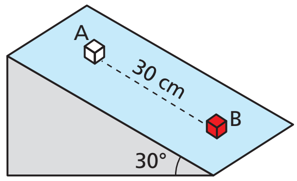
$$n = \frac{\Delta t}{T} = \frac{10^{-8}}{1{,}2\cdot 10^{-15}}$$

$$\boxed{n \simeq 8\cdot 10^6\text{ revoluções}}$$

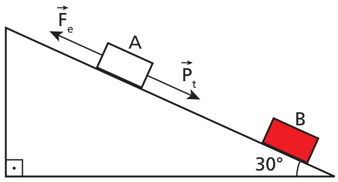
Resposta: d

61 Em um ponto do plano inclinado, que se encontra no vácuo, fixamos um corpo **B** eletrizado com carga Q = 20 μC. A 30 cm de **B**, coloca-se um pequeno corpo **A** de 20 gramas de massa, eletrizado com carga **q**. Adote $g = 10\text{ m/s}^2$ e $K = 9 \cdot 10^9\text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

a) Se não existe atrito, para que o corpo **A** fique em equilíbrio, qual deve ser sua carga elétrica?
b) Se existisse atrito e o coeficiente de atrito estático entre o corpo **A** e o plano inclinado fosse igual a 0,25, qual seria a menor distância entre **A** e **B** para não haver movimento do corpo **A**?



Resolução:



a) No equilíbrio, temos:

$P_t = F_e$

$$m\,g\text{ sen }30° = K\frac{|Q\,q|}{d^2}$$

$$20\cdot 10^{-3}\cdot 10\cdot\frac{1}{2} = 9\cdot 10^9\cdot\frac{20\cdot 10^{-6}\cdot q}{(0{,}30)^2}$$

$0{,}10 = 2 \cdot 10^6\, q$

$$\boxed{q = 5{,}0\cdot 10^{-8}\text{ C}}$$

b) Com atrito, temos:

$F_e = P_t + F_{at_{est}}$

$$K\frac{|Q\,q|}{d^2} = m\,g\text{ sen }30° + \mu\,m\,g\cos 30°$$

$$9\cdot 10^9\cdot\frac{20\cdot 10^{-6}\cdot 5{,}0\cdot 10^{-8}}{d^2} =$$

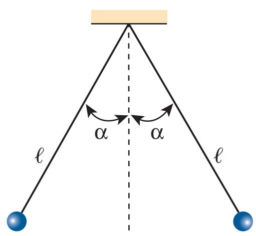
$= 0{,}020 \cdot 10\ (0{,}50 + 0{,}25 \cdot 0{,}86)$

$$\frac{9\cdot 10^{-3}}{d^2} = 0{,}143 \Rightarrow d^2 = \frac{0{,}009}{0{,}143}$$

$d^2 \simeq 0{,}063 \Rightarrow \boxed{d \simeq 0{,}25\text{ m} \simeq 25\text{ cm}}$

Respostas: a) $5{,}0 \cdot 10^{-8}$ C; b) 25 cm

62 (Unifesp-SP) Na figura, estão representadas duas pequenas esferas de mesma massa, m = 0,0048 kg, eletrizadas com cargas de mesmo sinal, repelindo-se no ar. Elas estão penduradas por fios isolantes muito leves, inextensíveis, de mesmo comprimento, $\ell = 0{,}090$ m. Observa-se que, com o tempo, essas esferas se aproximam e os fios tendem a se tornar verticais.



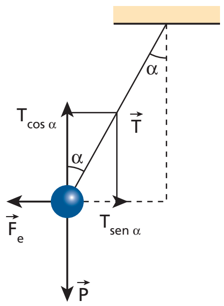
a) O que causa a aproximação dessas esferas? Durante essa aproximação, os ângulos que os fios formam com a vertical são sempre iguais ou podem tornar-se diferentes um do outro? Justifique.

b) Suponha que, na situação da figura, o ângulo **α** seja tal que sen α = 0,60; cos α = 0,80; tg α = 0,75 e as esferas têm cargas iguais. Qual é, nesse caso, a carga elétrica de cada esfera? (Admitir $g = 10\ m/s^2$ e $K = 9{,}0 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2$.)

Resolução:

a) Com o passar do tempo haverá perda de carga elétrica para o ar que envolve as esferas. Isso provocará a aproximação das esferas, já que a força de repulsão entre elas irá diminuir.
Como as esferas têm mesmo peso e as forças de repulsão são iguais, em módulo (Princípio da Ação-Reação), o ângulo **α** deverá ser igual para ambas.

b)



$$\begin{cases} T \operatorname{sen} \alpha = F_e \\ T \cos \alpha = P \end{cases}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_e}{P} = \frac{F_e}{mg}$$

$$F_e = m\,g\,\operatorname{tg} \alpha$$

Lei de Coulomb:

$$F_e = K\frac{|Q\,Q|}{d^2}$$

Assim:

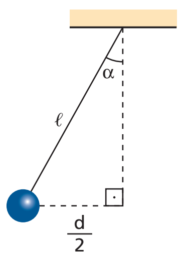
$$K\frac{|Q\,Q|}{d^2} = mg\,\operatorname{tg}\alpha$$

$$9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q^2}{d^2} = 0{,}0048 \cdot 10 \cdot 0{,}75$$

$$Q^2 = 4 \cdot 10^{-12}\, d^2$$

$$Q = 2 \cdot 10^{-6}\, d$$

Mas:



$$\frac{d}{2} = \ell \operatorname{sen} \alpha$$

$$d = 2 \cdot 0{,}090 \cdot 0{,}60\ (m)$$

$$d = 0{,}108\ m$$

Portanto:

$$Q = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}108\ (C)$$

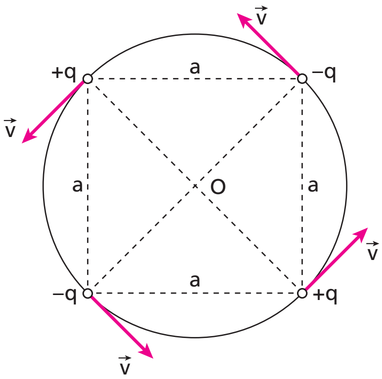
$$\boxed{Q = \pm\, 2{,}16 \cdot 10^{-7}\ C}$$

Respostas: a) Perda de cargas elétricas para o ar. Ângulos permanecem iguais; b) $\pm\, 2{,}16 \cdot 10^{-7}$ C

63 (Fuvest-SP) Quatro pequenas esferas de massa **m** estão carregadas com cargas de mesmo valor absoluto **q**, sendo duas negativas e duas positivas, como mostra a figura. As esferas estão dispostas formando um quadrado de lado **a** e giram numa trajetória circular de centro **O**, no plano do quadrado, com velocidade de módulo constante **v**. Suponha que as **únicas** forças atuantes sobre as esferas sejam devidas à interação eletrostática. A constante de permissividade elétrica é ε_0. Todas as grandezas (dadas e solicitadas) estão em unidades SI.

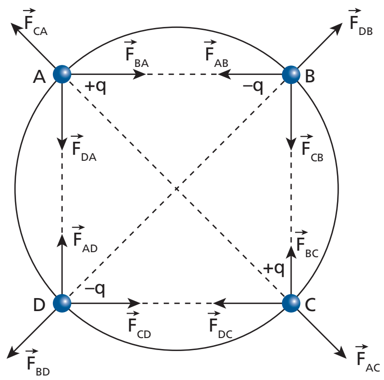
a) Determine a expressão do módulo da força eletrostática resultante $\vec{F}$ que atua em cada esfera e indique sua direção.

b) Determine a expressão do módulo da velocidade tangencial $\vec{v}$ das esferas.

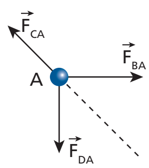


Resolução:

a) Cada uma das quatro cargas elétricas está sujeita a três forças exercidas pelas outras três cargas.



Devido à simetria, podemos observar que as forças resultantes em cada carga têm intensidades iguais. Por exemplo, considerando a carga nominada por **A**, temos:



Observe que:

$$|\vec{F}_{AB}| = |\vec{F}_{DA}| = K\frac{|q\,q|}{a^2}$$

$$|\vec{F}_{CA}| = K\frac{|q\,q|}{(a\sqrt{2})^2} = K\frac{|q\,q|}{a^2 \cdot 2}$$

Somando os vetores $\vec{F}_{BA}$ e $\vec{F}_{DA}$, temos:

$$S^2 = F_{BA}^2 + F_{DA}^2 = 2\,F_{BA}^2$$

$$S = \sqrt{2}\,F_{BA} \Rightarrow S = \sqrt{2}\;K\frac{|q\,q|}{a^2}$$

A força resultante de **A** é dada por:

$$F = F - F_{CA} = \sqrt{2}\,K\frac{|q\,q|}{a^2} - \frac{1}{2}K\frac{|q\,q|}{a^2}$$

$$F = \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2}\right)K\frac{|q\,q|}{a^2}$$

Como: $K = \dfrac{1}{4\pi\,\varepsilon_0}$

Então: $\boxed{F = \left(\dfrac{2\sqrt{2}-1}{2}\right)\left(\dfrac{1}{4\pi\,\varepsilon_0}\cdot\dfrac{q^2}{a^2}\right)}$

Essa resultante tem **direção radial**, passando pelo centro da circunferência.

b) A força resultante calculada no item **a** funciona, para cada carga, como força centrípeta.

$$F = F_{cp} = \frac{m\,v^2}{R}$$

Como o raio **R** da circunferência corresponde à metade da diagonal do quadrado, temos:

$$R = \frac{a\sqrt{2}}{2}$$

Assim:

$$F = \frac{m\,v^2}{\left(\dfrac{a\sqrt{2}}{2}\right)} = \frac{2m\,v^2}{a\sqrt{2}}$$

$$v^2 = \frac{a\sqrt{2}}{2m}\,F_R$$

$$v^2 = \frac{a\sqrt{2}}{2m}\cdot\frac{(2\sqrt{2}-1)}{2}\cdot\frac{1}{4\pi\,\varepsilon_0}\cdot\frac{q^2}{a^2}$$

$$v^2 = \frac{4-\sqrt{2}}{4m}\cdot\frac{1}{4\pi\,\varepsilon_0}\cdot\frac{q^2}{a}$$

$$\boxed{v = \frac{q}{4}\sqrt{\frac{4-\sqrt{2}}{m\,a\,\pi\,\varepsilon_0}}}$$

Respostas: a) $\left(\dfrac{2\sqrt{2}-1}{2}\right)\left(\dfrac{1}{4\pi\,\varepsilon_0}\cdot\dfrac{q^2}{a^2}\right)$; b) $\dfrac{q}{4}\sqrt{\dfrac{4-\sqrt{2}}{m\,a\,\pi\,\varepsilon_0}}$

64 Considere o modelo clássico do átomo de hidrogênio, no qual existe um próton no núcleo e um elétron girando em órbita circular em torno desse núcleo.

Suponha conhecidos:

- em módulo: carga do próton = carga do elétron = $1,6 \cdot 10^{-19}$ C;
- raio da órbita do elétron = $1,0 \cdot 10^{-10}$ m;
- massa do elétron = $9,0 \cdot 10^{-31}$ kg;
- massa do próton = $1,7 \cdot 10^{-27}$ kg;
- constante eletrostática do meio: $K = 9,0 \cdot 10^9\ Nm^2\,C^{-2}$;
- constante de gravitação universal: $G = 6,7 \cdot 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$.

Admitindo apenas as interações devidas às cargas elétricas, determine:

a) o módulo da força de interação entre o próton e o elétron;
b) a velocidade escalar do elétron.

Se fossem consideradas também as interações gravitacionais, qual seria:

c) o módulo da força resultante de interação entre próton e elétron?
d) a velocidade escalar do elétron?

Resolução:

a) Lei de Coulomb:

$$F_e = K\frac{|Q\,q|}{d^2}$$

$$F_e = 9,0 \cdot 10^9 \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{(1,0 \cdot 10^{-10})^2}$$

$$\boxed{F_e = 2,3 \cdot 10^{-8}\ N}$$

b) A força eletrostática F_e funciona como força centrípeta:

$$F_e = F_{cp}$$

$$2,3 \cdot 10^{-8} = \frac{m\,v^2}{R}$$

$$2,3 \cdot 10^{-8} = \frac{9,0 \cdot 10^{-31} \cdot v^2}{1,0 \cdot 10^{-10}}$$

$$v^2 \simeq 2,6 \cdot 10^{12}$$

$$\boxed{v \simeq 1,6 \cdot 10^6\ m/s}$$

c) $F_r = F_e + F_g$

$$F_r = 2,3 \cdot 10^{-8} + G\frac{M\,m}{d^2}$$

$$F_r = 2,3 \cdot 10^{-8} + 6,7 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{9,0 \cdot 10^{-31} \cdot 1,7 \cdot 10^{-27}}{(1,0 \cdot 10^{-10})^2}$$

$$F_r = 2,3 \cdot 10^{-8} + 1,0 \cdot 10^{-49}$$

Observe que a interação gravitacional entre o próton e o elétron é desprezível quando comparada com a interação eletrotástica. Assim:

$$\boxed{F_r = F_e = 2,3 \cdot 10^{-8}\ N}$$

d) Do item **c**, concluímos que:

$$F_{cp} = F_e$$

$$\frac{m\,v^2}{R} = K\frac{|Q\,q|}{d^2}$$

$$\boxed{v \simeq 1,6 \cdot 10^6\ m/s}$$

(Ver item **b**.)

Respostas: a) $2,3 \cdot 10^{-8}$ N; b) $1,6 \cdot 10^6$ m/s; c) $2,3 \cdot 10^{-8}$ N; d) $1,6 \cdot 10^6$ m/s

Tópico 2

1 Considere as afirmativas a seguir:

I. A direção do vetor campo elétrico, em determinado ponto do espaço, coincide sempre com a direção da força que atua sobre uma carga de prova colocada no mesmo ponto.
II. Cargas negativas, colocadas em um campo elétrico, tenderão a se mover em sentido contrário ao do campo.
III. A intensidade do campo elétrico criado por uma carga pontual é, em cada ponto, diretamente proporcional ao quadrado da carga que o criou e inversamente proporcional à distância do ponto à carga.
IV. A intensidade do campo elétrico pode ser expressa em newton/coulomb.

São verdadeiras:

a) somente I e II;
b) somente III e IV;
c) somente I, II e IV;
d) todas;
e) nenhuma.

Resolução:

I. Verdadeira
A direção da força e do campo elétrico são iguais. O sentido é que pode ser diferente.

II. Verdadeira
Em cargas de prova negativas, a força elétrica e o campo elétrico possuem a mesma direção e sentidos opostos.

III. Falsa
$$E = K\frac{|Q|}{d^2}$$

IV. Verdadeira
$$F = |q| \cdot E$$
$$E = \frac{F}{|q|}$$

No SI, a unidade de **E** pode ser N/C.

Resposta: c

2 (PUC-RJ) Uma carga positiva encontra-se numa região do espaço onde há um campo elétrico dirigido verticalmente para cima. Podemos afirmar que a força elétrica sobre ela é:

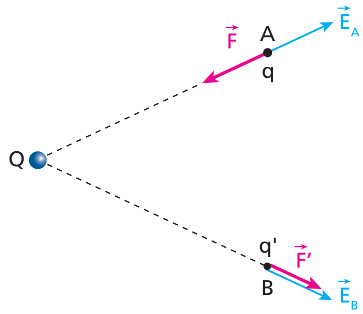
a) para cima.
b) para baixo.
c) horizontal para a direita.
d) horizontal para a esquerda.
e) nula.

Resolução:

Em cargas positivas, posicionadas em um campo elétrico, a força elétrica que aparece sobre ela tem a mesma direção e o mesmo sentido do vetor campo elétrico resultante no local.

Resposta: a

3 A figura a seguir representa os vetores campo elétrico $\vec{E}_A$ e $\vec{E}_B$, gerados nos pontos **A** e **B** por uma partícula eletrizada com carga **Q**, e as forças elétricas $\vec{F}$ e $\vec{F'}$ que **Q** exerce nas cargas de prova **q** e **q'** colocadas nesses pontos.



Determine os sinais de **Q**, **q** e **q'**.

Resolução:

A carga geradora de campo em **A** e **B** é **positiva**, pois os vetores $\vec{E}_A$ e $\vec{E}_B$ são de "afastamento" em relação a ela.

A carga **q** é negativa, pois $\vec{E}_A$ e $\vec{F}$ apresentam sentidos opostos.

A carga **q'** é positiva, pois $\vec{E}_B$ e $\vec{F'}$ têm o mesmo sentido.

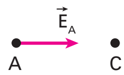
Assim, $Q > 0$, $q < 0$ e $q' > 0$

Resposta: $Q > 0$, $q < 0$ e $q' > 0$

4 No ponto **A** da figura, existe um campo elétrico orientado para o ponto **C**. Se for colocada, nesse ponto, uma carga elétrica negativa $-q$, ela ficará sujeita a uma força orientada para:

a) **B**;
b) **C**;
c) cima, perpendicular ao segmento $\overline{BC}$;
d) baixo, perpendicular ao segmento $\overline{BC}$.

Resolução:



Uma carga **negativa** posicionada em **A** ficará sujeita a uma força de sentido oposto à orientação do vetor campo elétrico. Assim, a força estará orientada para **B**.

Resposta: a

5 Em determinado local do espaço, existe um campo elétrico de intensidade $E = 4 \cdot 10^3$ N/C. Colocando-se aí uma partícula eletrizada com carga elétrica $q = 2\ \mu C$, qual a intensidade da força que agirá sobre ela?

Resolução:

$F = |q|\ E$

$F = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^3$ (N)

$\boxed{F = 8 \cdot 10^{-3}\ N}$

Resposta: $8 \cdot 10^{-3}$ N

6 E.R. Determine a intensidade do campo elétrico criado por uma carga pontual **Q** de –8,0 μC, em um ponto **A** situado a 6,0 cm dessa carga. O meio é o vácuo, cuja constante eletrostática é igual a $9{,}0 \cdot 10^9$ N m² C⁻².

Resolução:
A intensidade do campo elétrico criado por uma partícula eletrizada é determinada pela relação:

$$E = K\frac{|Q|}{d^2}$$

Para o ponto **A**, temos $d = 6{,}0$ cm $= 6{,}0 \cdot 10^{-2}$ m.
Assim:

$$E_A = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{8{,}0 \cdot 10^{-6}}{(6{,}0 \cdot 10^{-2})^2}$$

$$\boxed{E_A = 2{,}0 \cdot 10^7 \text{ N/C}}$$

Observação:
Para o cálculo da intensidade do vetor campo elétrico, usamos o **módulo** da carga fonte do campo. Assim, se a carga **Q** fosse igual a + 8,0 μC, o resultado seria igual ao encontrado.

7 Os pontos de uma determinada região do espaço estão sob a influência única de uma carga positiva pontual **Q**. Sabe-se que em um ponto **A**, distante 2 m da carga **Q**, a intensidade do campo elétrico é igual a $1{,}8 \cdot 10^4$ N/C. Determine:
a) o valor da carga elétrica **Q**;
b) a intensidade do campo elétrico num ponto **B**, situado a 30 cm da carga fonte **Q**.
Dado: constante eletrostática do meio $= 9 \cdot 10^9$ N m²/C²

Resolução:
a) $E = K\frac{|Q|}{d^2}$

$1{,}8 \cdot 10^4 = 9 \cdot 10^9 \frac{|Q|}{2^2}$

$|Q| = 8 \cdot 10^{-6}$ C

$\boxed{Q = +8\ \mu C}$

b) $E = K\frac{|Q|}{d^2}$

$E_B = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6}}{(0{,}30)^2}$

$E_B = \frac{9 \cdot 8 \cdot 10^3}{9 \cdot 10^{-2}}$

$\boxed{E_B = 8 \cdot 10^5 \text{ N/C}}$

Respostas: a) +8 μC; b) $8 \cdot 10^5$ N/C

8 Uma carga puntiforme de +3,0 μC é colocada em um ponto **P** de um campo elétrico gerado por uma partícula eletrizada com carga desconhecida **Q**, ficando sujeita a uma força de atração de módulo 18 N. Sabendo que o meio é o vácuo ($K_0 = 9{,}0 \cdot 10^9$ N m² C⁻²), determine:
a) a intensidade do campo elétrico no ponto **P**;
b) a carga fonte **Q**. Note que o ponto **P** está a 30 cm dessa carga.

Resolução:
a) $F = |q|\ E$

$18 = 3 \cdot 10^{-6} \cdot E$

$\boxed{E = 6{,}0 \cdot 10^6 \text{ N/C}}$

b) $E = K\frac{|Q|}{d^2}$

$6{,}0 \cdot 10^6 = 9 \cdot 10^9 \frac{|Q|}{(0{,}30)^2}$

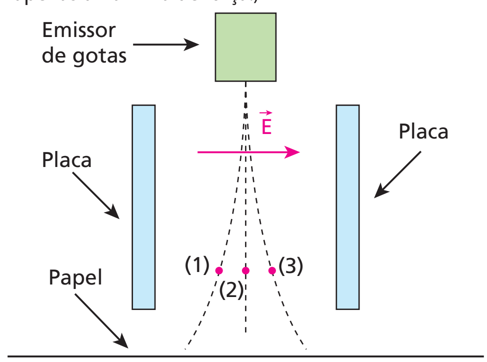
$Q = -6{,}0 \cdot 10^{-5}$ C

$\boxed{Q = -60\ \mu C}$

Observe que a carga **Q** atrai uma carga positiva (+3,0 μC).
Assim, **Q** é negativa.

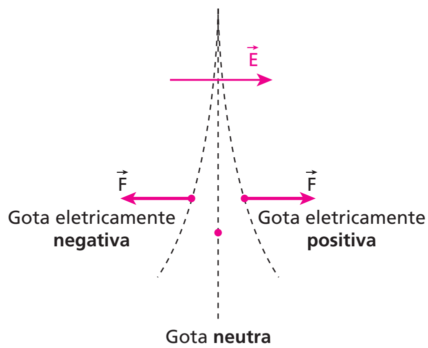
Respostas: a) $6{,}0 \cdot 10^6$ N/C; b) –60 μC

9 (UFRN) Uma das aplicações tecnológicas modernas da eletrostática foi a invenção da impressora a jato de tinta. Esse tipo de impressora utiliza pequenas gotas de tinta que podem ser eletricamente neutras ou eletrizadas positiva ou negativamente. Essas gotas são jogadas entre as placas defletoras da impressora, região onde existe um campo elétrico uniforme $\vec{E}$, atingindo, então, o papel para formar as letras. A figura a seguir mostra três gotas de tinta, que são lançadas para baixo, a partir do emissor. Após atravessar a região entre as placas, essas gotas vão impregnar o papel. (O campo elétrico uniforme está representado por apenas uma linha de força.)



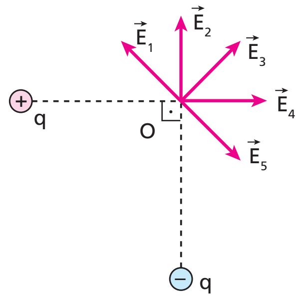
Pelos desvios sofridos, pode-se dizer que a gota 1, a 2 e a 3 estão, respectivamente:
a) carregada negativamente, neutra e carregada positivamente;
b) neutra, carregada positivamente e carregada negativamente;
c) carregada positivamente, neutra e carregada negativamente;
d) carregada positivamente, carregada negativamente e neutra.

Resolução:
$\vec{F} = q\ \vec{E}$
Se q(+), temos $\vec{F}$ e $\vec{E}$ com mesma direção e sentido.
Se q(–), temos $\vec{F}$ e $\vec{E}$ com mesma direção e sentidos opostos.
Assim:

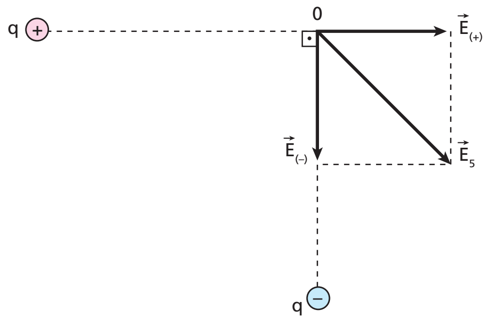


Resposta: a

10 Duas cargas elétricas de módulos iguais, **q**, porém de sinais contrários, geram no ponto **O** um campo elétrico resultante $\vec{E}$. Qual o vetor que melhor representa esse campo elétrico?

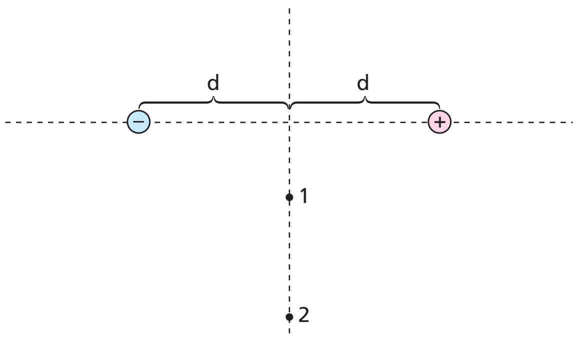


Resolução:



Resposta: $\vec{E}_5$

11 (UFV-MG) Duas cargas, de sinais opostos e de mesmo módulo, estão dispostas próximas uma da outra, conforme representado na figura abaixo.



O par de vetores que representa o campo elétrico resultante nos pontos 1 e 2 é:

a)

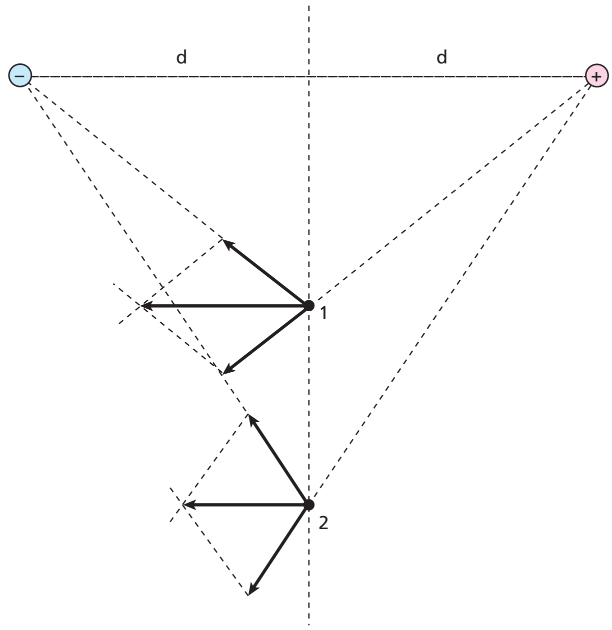

c)


e)


b)

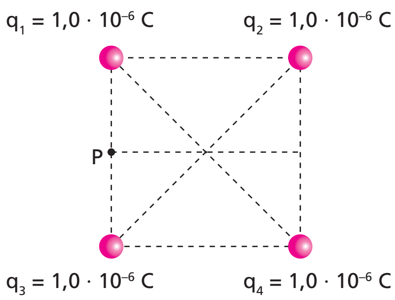

d)


Resolução:



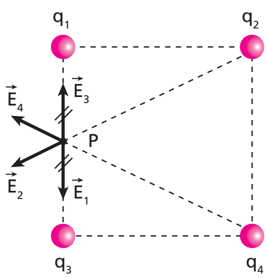
Resposta: c

12 (Vunesp-SP) A figura mostra a configuração de quatro cargas elétricas puntiformes: q_1, q_2, q_3 e q_4. No ponto **P** indicado, o campo elétrico tem a seguinte orientação:



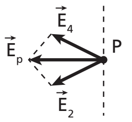
a) horizontal, da esquerda para a direita.
b) horizontal, da direita para a esquerda.
c) vertical, de baixo para cima.
d) vertical, de cima para baixo.
e) nenhuma, pois o campo é nulo.

Resolução:
Em **P**, temos os vetores campo elétrico representados por:



como $\vec{E}_1 + \vec{E}_3 = \vec{O}$

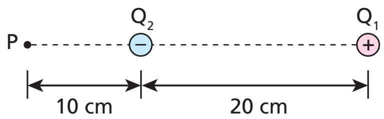
temos:



Assim, $\vec{E}_p$ é **horizontal**, orientado **da direita para a esquerda**.

Resposta: b

13 (Unifoa-RJ) Uma carga puntiforme positiva $Q_1 = 18 \cdot 10^{-6}$ C dista no vácuo 20 cm de outra $Q_2 = -8 \cdot 10^{-6}$ C conforme figura abaixo.



Dado: $K_0 = 9 \cdot 10^9$ Nm²/C²

A intensidade do campo elétrico **E** criado por estas duas cargas no ponto **P** vale:

a) $5,4 \cdot 10^{-5}$ N/C.
b) $6,0 \cdot 10^{-4}$ N/C.
c) $18 \cdot 10^5$ N/C.
d) $54 \cdot 10^5$ N/C.
e) $72 \cdot 10^5$ N/C.

Resolução:

Cálculo de $|\vec{E}_1|$:

$$E_1 = K\frac{|Q_1|}{d^2}$$

$$E_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{18 \cdot 10^{-6}}{(0,30)^2}$$

$$E_1 = 18 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

Cálculo de $|\vec{E}_2|$:

$$E_2 = K\frac{|Q_2|}{d^2}$$

$$E_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6}}{(0,1)^2}$$

$$E_2 = 72 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

Assim , em **P**, temos:

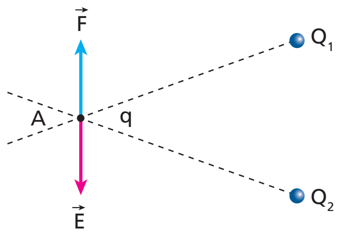
$$E = E_2 - E_1$$

$$E = (72 \cdot 10^5 - 18 \cdot 10^5) \text{ N/C}$$

$$\boxed{E = 54 \cdot 10^5 \text{ N/C}}$$

Resposta: d

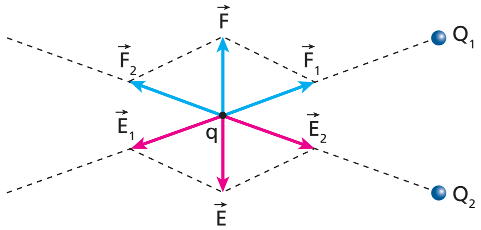
14 (Fesp-SP) Considere a figura abaixo, onde $\vec{E}$ é o vetor campo elétrico resultante em **A**, gerado pelas cargas fixas Q_1 e Q_2. $\vec{F}$ é a força elétrica na carga de prova **q**, colocada em **A**.



Dadas as alternativas abaixo, indique a correta:

a) $Q_1 < 0, Q_2 > 0$ e $q < 0$.
b) $Q_1 > 0, Q_2 < 0$ e $q > 0$.
c) $Q_1 > 0, Q_2 > 0$ e $q < 0$.
d) $Q_1 > 0, Q_2 < 0$ e $q < 0$.
e) $Q_1 < 0, Q_2 < 0$ e $q > 0$.

Resolução:



Decompondo o vetor campo $\vec{E}$, notamos que a carga Q_1 é **positiva** ($\vec{E}_1$ tem sentido de "afastamento") e Q_2 é **negativa** ($\vec{E}_2$ tem sentido de "aproximação").

Decompondo a força $\vec{F}$, notamos que a carga **q** é **negativa**, pois está sendo atraída por Q_1 (positiva) e repelida por Q_2 (negativa).

Resposta: d

15 E.R. Duas partículas eletrizadas com cargas iguais a +25 µC estão colocadas a 1,0 m uma da outra, no vácuo, onde a constante eletrostática vale $9 \cdot 10^9$ unidades do Sistema Internacional. Não havendo influência de outras cargas, determine:

a) a intensidade do campo eletrostático que cada carga cria no ponto **P**, situado a meia distância entre elas;
b) a força resultante que age numa carga de prova de +2,0 µC colocada em **P**.

Resolução:

a) A intensidade do campo eletrostático criado por uma carga pontual é determinada por:

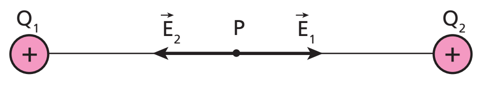
$$E = K\frac{|Q|}{d^2}$$

Como as cargas são iguais e a distância **d** de cada carga ao ponto é a mesma, as intensidades E_1 e E_2 dos campos gerados por elas são iguais:

$$E_1 = E_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{25 \cdot 10^{-6}}{(0,5)^2}$$

$$\boxed{E_1 = E_2 = 9 \cdot 10^5 \text{ N/C}}$$

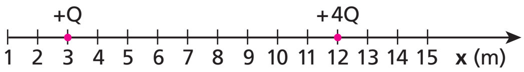
b) Uma vez que as cargas são positivas, temos o seguinte esquema para representar a situação indicada:



Observemos que $\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{0}$. Assim, lembrando que $\vec{F} = q\,\vec{E}$, temos:

$$\boxed{\vec{F} = \vec{0}}$$

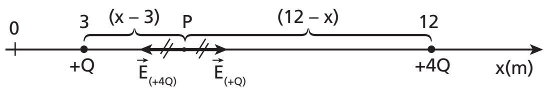
16 (PUC-RS) Duas cargas elétricas de valores +Q e +4Q estão fixas nas posições 3 e 12 sobre um eixo, como indica a figura.



O campo elétrico resultante criado por essas cargas será nulo na posição:

a) 3.
b) 4.
c) 5.
d) 6.
e) 7.

Resolução:



$E_{(+4Q)} = E_{(+Q)}$

$$K\frac{Q}{(x-3)^2} = K\frac{4Q}{(12-x)^2}$$

$4(x - 3)^2 = (12 - x)^2$

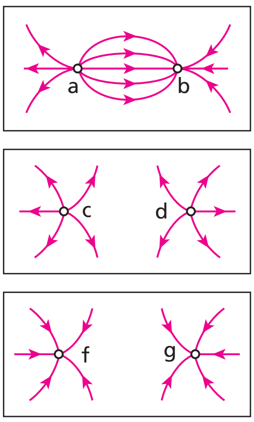
$2(x - 3)^2 = (12 - x)$

$2x - 6 = 12 - x$

$3x = 18 \Rightarrow \boxed{x = 6\ \text{m}}$

Resposta: d

17 (Ufes) As figuras abaixo mostram 3 (três) pares de cargas, **a** e **b**, **c** e **d**, **f** e **g**, e a configuração das linhas de força para o campo elétrico correspondente a cada par:



Com relação aos sinais das cargas, podemos afirmar que:

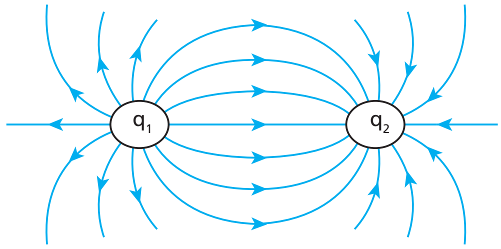
a) **a**, **f** e **g** são negativas.
b) **b**, **f** e **g** são positivas.
c) **b**, **c** e **d** são positivas.
d) **a**, **c** e **d** são positivas.
e) **c**, **d**, **f** e **g** são negativas.

Resolução:
Linhas saindo indicam que a carga é positiva e linhas chegando indicam que a carga é negativa.
Assim:

a(+)	c(+)	f(–)
b(–)	d(+)	g(–)

Resposta: d

18 (UFRRJ) A figura abaixo mostra duas cargas $\mathbf{q_1}$ e $\mathbf{q_2}$, afastadas a uma distância **d**, e as linhas de campo do campo eletrostático criado.



Observando a figura acima, responda:

a) Quais os sinais das cargas $\mathbf{q_1}$ e $\mathbf{q_2}$?
b) A força eletrostática entre as cargas é de repulsão? Justifique.

Resolução:

a) $q_1 \Rightarrow$ positiva
$q_2 \Rightarrow$ negativa
b) Não, é de **atração**, pois as cargas q_1 e q_2 possuem sinais opostos.

Respostas: a) q_1 (positiva), q_2(negativa); b) atração.

19 (Vunesp-FMJ-SP) A região do espaço onde se manifesta uma propriedade física designa-se por campo. O chamado campo eletrostático, $\vec{E}$, gerado por cargas pontuais em repouso, apresenta as seguintes características:

I. é uma grandeza posicional, pois só depende da posição do ponto em relação à carga criadora;
II. o campo criado por uma só carga é um campo de forças atrativas ou repulsivas;
III. o campo elétrico, $\vec{E}$, criado por uma distribuição de **n** cargas pontuais, é igual à soma algébrica dos campos criados por cada uma das cargas.

Está correto o contido apenas em:

a) I.
b) II.
c) III.
d) I e II.
e) II e III.

Resolução:

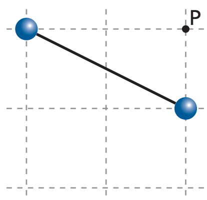
I. Falsa.
O campo eletrostático $\vec{E}$ é uma grandeza posicional e depende da posição do ponto em relação à carga criadora, do valor da carga e do meio que a envolve.

$$|\vec{E}| = K\frac{|Q|}{d^2}$$

II. Verdadeira.
III. Falsa. O campo elétrico $\vec{E}$ é a soma vetorial dos campos criados por cada uma das **n** cargas.

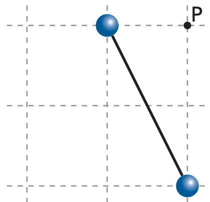
Resposta: b

20 (Fuvest-SP) Duas pequenas esferas, com cargas elétricas iguais, ligadas por uma barra isolante, são inicialmente colocadas como descrito na situação I.



Situação I

Em seguida, aproxima-se de uma das esferas de **P**, reduzindo-se à metade sua distância até esse ponto, ao mesmo tempo que se duplica a distância entre a outra esfera e **P**, como na situação II.



Situação II

O campo elétrico em **P**, no plano que contém o centro das duas esferas, possui, nas duas situações indicadas:

a) mesma direção e intensidade.
b) direções diferentes e mesma intensidade.
c) mesma direção e maior intensidade em I.
d) direções diferentes e maior intensidade em I.
e) direções diferentes e maior intensidade em II.

Resolução:
A menor distância entre as cargas será atingida quando toda a energia existente no sistema for potencial.
Assim:

$$E_p = E_c$$

$$K\frac{Q\,q}{d} = \frac{mv^2}{2}$$

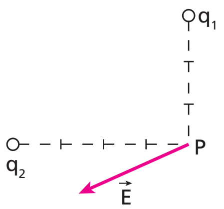
$$9 \cdot 10^9 \frac{1 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{d} = \frac{20 \cdot 10^{-9} \cdot (200)^2}{2}$$

$$\boxed{d = 45 \text{ m}}$$

Atenção que:
$m = 20\ \mu g = 20 \cdot 10^{-6} g = 20 \cdot 10^{-9}$ kg

Resposta: a

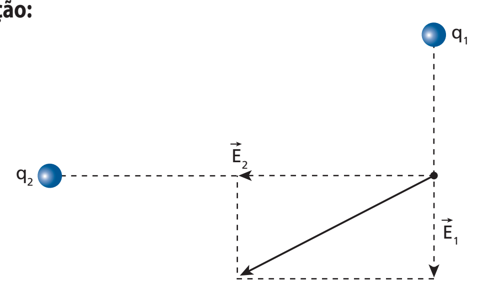
21 (Uesb-BA)



Duas cargas elétricas, q_1 e q_2, criam, no ponto **P**, um campo elétrico resultante $\vec{E}$.
Nessas condições, é correto afirmar:

a) $q_1 = q_2$.
b) $|q_1| > |q_2|$.
c) $q_1 > 0$ e $q_2 < 0$.
d) $q_1 > 0$ e $q_2 > 0$.
e) $q_1 < 0$ e $q_2 > 0$.

Resolução:

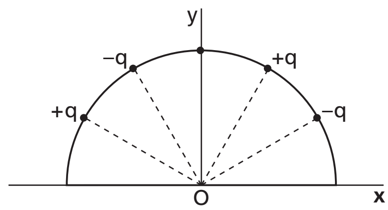


$\vec{E}_1$ de "afastamento" em relação à carga $q_1 \Rightarrow q_1 > 0$

$\vec{E}_2$ de "aproximação" em relação à carga $q_2 \Rightarrow q_2 < 0$

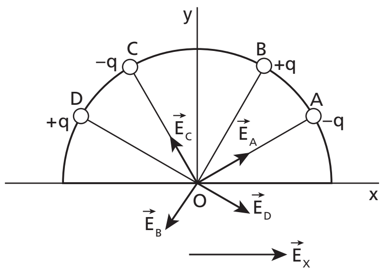
Resposta: c

22 (UFC-CE) Quatro cargas, todas de mesmo valor, **q**, sendo duas positivas e duas negativas, estão fixadas em um semicírculo, no plano **xy**, conforme a figura abaixo. Indique a opção que pode representar o campo elétrico resultante, produzido por essas cargas, no ponto **O**.



a)
b)
c) vetor nulo
d) 
e) 

Resolução:



Decompondo esses vetores segundo os eixos **x** e **y**, notamos que no eixo **y** a resultante é nula. No eixo **x** a resultante é diferente de zero.

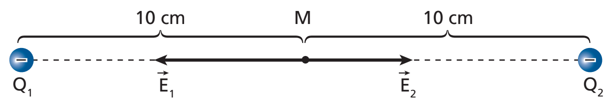
Resposta: a

23 No vácuo, longe da ação de outras cargas elétricas, são fixadas duas partículas eletrizadas, Q_1 e Q_2, a 20 cm uma da outra. Sabendo que as cargas das partículas são $Q_1 = -9{,}0$ nC e $Q_2 = -4{,}0$ nC, determine:

a) a intensidade do vetor campo resultante $\vec{E}$, num ponto colocado a meio caminho entre as cargas;
b) a força a que uma carga de + 2,0 μC ficaria sujeita, se fosse colocada no ponto referido no item anterior;
c) o ponto, entre as cargas, onde uma partícula eletrizada com carga **q** qualquer ficaria em repouso, se lá fosse colocada.

Dado: constante eletrostática do meio $K_0 = 9{,}0 \cdot 10^9$ N m²/C²

Resolução:



a) $E_M = E_1 + E_2$

$$E_M = K\frac{|Q_1|}{d^2} + K\frac{|Q_2|}{d^2}$$

$$E_M = \frac{9 \cdot 10^9}{(0{,}10)^2}(9{,}0 \cdot 10^{-9} - 4{,}0 \cdot 10^{-9})$$

$$E_M = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-9}}{10^{-2}}$$

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

b) $F = |q|\,E$

$F = 2{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot 4{,}5 \cdot 10^3$

$$\boxed{F = 9{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{N}}$$

c) A condição é que, nesse ponto, o campo elétrico resultante seja nulo.

$$E_1 = E_2 \Rightarrow K\frac{|Q_1|}{x^2} = K\frac{|Q_2|}{(0{,}20 - x)^2}$$

$$\frac{9{,}0 \cdot 10^{-9}}{x^2} = \frac{4{,}0 \cdot 10^{-9}}{(0{,}20 - x)^2}$$

$4{,}0x^2 = 9{,}0\,(0{,}20 - x)^2$

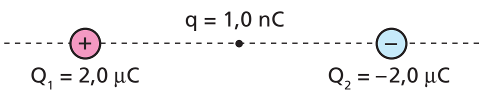
$2{,}0x = 3{,}0\,(0{,}20 - x) \Rightarrow 2{,}0x = 0{,}60 - 3{,}0x$

$5{,}0x = 0{,}60 \Rightarrow \boxed{x = 0{,}12\ \text{m} = 12\ \text{cm}}$

(12 cm de Q_1)

Respostas: a) $4{,}5 \cdot 10^{-3}$ N/C; b) $9{,}0 \cdot 10^3$ N; c) 12 cm de Q_1 e 8,0 cm de Q_2

24 Duas partículas com cargas Q_1 e Q_2 estão fixas nas posições indicadas na figura, distantes 2,0 m uma da outra. Uma terceira partícula, com carga igual a 1,0 nC e massa igual a $1{,}8 \cdot 10^{-6}$ kg, é abandonada a meia distância entre Q_1 e Q_2.



Sendo $9 \cdot 10^9$ N m²/C² a constante eletrostática do meio, calcule a aceleração inicial da terceira partícula.

Resolução:

$E_M = E_1 + E_2$

$$E_M = K\frac{|Q_1|}{d_1^2} + K\frac{|Q_2|}{d_2^2}$$

$$E_M = 2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2{,}0 \cdot 10^{-6}}{(1{,}0)^2}$$

$E_M = 3{,}6 \cdot 10^4$ N/C

Como: $F = |q|\,E$

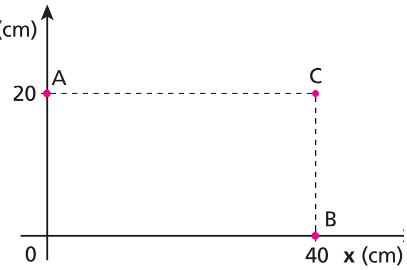
$m\,a = |q|\,E_M$

Então: $1{,}8 \cdot 10^{-6} \cdot a = 1{,}0 \cdot 10^{-9} \cdot 3{,}6 \cdot 10^4$

$$\boxed{a = 20\ \text{m/s}^2}$$

Resposta: 20 m/s²

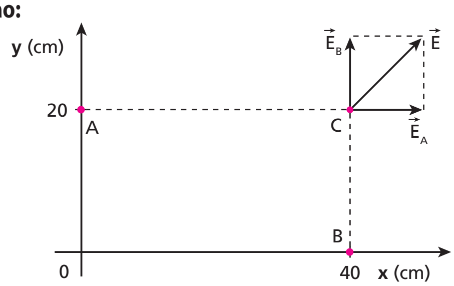
25 (Mack-SP)



No vácuo ($K_0 = 9 \cdot 10^9$ N m²/C²), colocam-se as cargas $Q_A = 48 \cdot 10^{-6}$ C e $Q_B = 16 \cdot 10^{-6}$ C, respectivamente nos pontos **A** e **B** representados acima. O campo elétrico no ponto **C** tem módulo igual a:

a) $60 \cdot 10^5$ N/C.
b) $55 \cdot 10^5$ N/C.
c) $50 \cdot 10^5$ N/C.
d) $45 \cdot 10^5$ N/C.
e) $40 \cdot 10^5$ N/C.

Resolução:



Pelo teorema de Pitágoras:

$E^2 = E_A^2 + E_B^2$

$$E^2 = \left(K\frac{|Q_A|}{d_A^2}\right)^2 + \left(K\frac{|Q_B|}{d_B^2}\right)^2$$

$$E^2 = \left(9 \cdot 10^9 \cdot \frac{48 \cdot 10^{-6}}{(0{,}40)^2}\right)^2 + \left(9 \cdot 10^9 \cdot \frac{16 \cdot 10^{-6}}{(0{,}20)^2}\right)^2$$

$E^2 = (2{,}7 \cdot 10^6)^2 + (3{,}6 \cdot 10^6)^2$

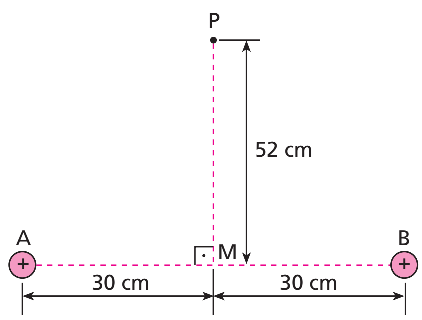
$E^2 = 7{,}29 \cdot 10^{12} + 12{,}96 \cdot 10^{12}$

$E^2 = 20{,}25 \cdot 10^{12}$

$$\boxed{E = 45 \cdot 10^5\ \text{N/C}}$$

Resposta: d

26 E.R. Em um meio onde a constante eletrostática vale $9{,}0 \cdot 10^9$ N m² C⁻², são fixadas duas cargas puntiformes $Q_A = 3{,}2$ μC e $Q_B = 2{,}4$ μC. Observando a figura, determine a intensidade do campo elétrico resultante no ponto **P**, localizado na mediatriz do segmento que une as cargas Q_A e Q_B.



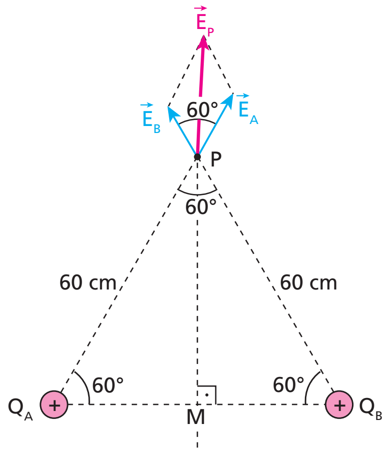
Resolução:

Inicialmente, aplicamos a **Relação de Pitágoras** ao triângulo retângulo AMP:

$$(\overline{AM})^2 + (\overline{MP})^2 = (\overline{AP})^2$$

$$30^2 + 52^2 = (\overline{AP})^2 \Rightarrow AP \simeq 60 \text{ cm}$$

Assim, o triângulo ABP pode ser considerado equilátero, onde cada lado mede 60 cm. Como as cargas Q_A e Q_B são positivas, o campo elétrico criado por elas no ponto **P** é representado da seguinte forma:



Vamos calcular, agora, os módulos de $\vec{E}_A$ e $\vec{E}_B$, aplicando a expressão do campo elétrico:

$$E = K\frac{|Q|}{d^2}$$

$$E_A = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{3{,}2 \cdot 10^{-6}}{(0{,}60)^2} \Rightarrow E_A = 8{,}0 \cdot 10^4 \text{ N/C}$$

$$E_B = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{2{,}4 \cdot 10^{-6}}{(0{,}60)^2} \Rightarrow E_B = 6{,}0 \cdot 10^4 \text{ N/C}$$

Para obter o módulo de $\vec{E}_P$, devemos usar a Lei dos Cossenos:

$$E_P^2 = E_A^2 + E_B^2 + 2\, E_A\, E_B \cos\alpha$$

Uma vez que o triângulo ABP é equilátero, temos:

$\alpha = 60°$ e $\cos\alpha = \frac{1}{2}$.

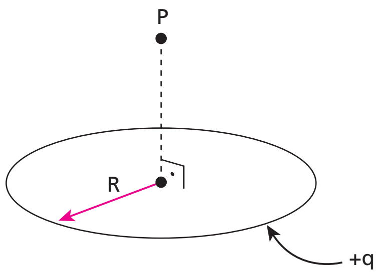
Assim:

$$E_P^2 = (8{,}0 \cdot 10^4)^2 + (6{,}0 \cdot 10^4)^2 + 2(8{,}0 \cdot 10^4) \cdot (6{,}0 \cdot 10^4)\,\frac{1}{2}$$

$$E_P^2 = 64 \cdot 10^8 + 36 \cdot 10^8 + 48 \cdot 10^8$$

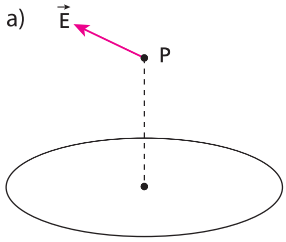
$$E_P^2 = 148 \cdot 10^8 \Rightarrow \boxed{E_P \simeq 1{,}2 \cdot 10^5 \text{ N/C}}$$

27 (Olimpíada Brasileira de Física) Uma carga positiva $+q$ distribui-se uniformemente ao longo de um anel não-condutor de raio **R** (ver figura).

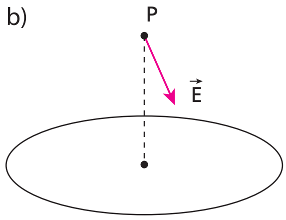


Dentre as alternativas abaixo, indique aquela que representa o vetor campo elétrico resultante $\vec{E}$ no ponto **P**, localizado no eixo perpendicular ao plano do anel e que passa pelo seu centro:

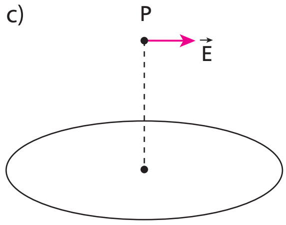
a)



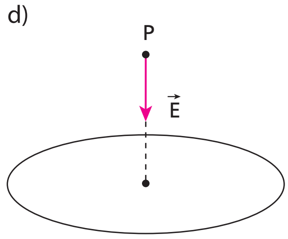
b)



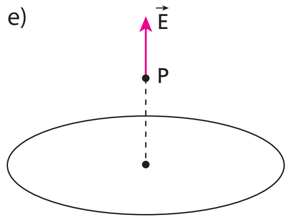
c)



d)



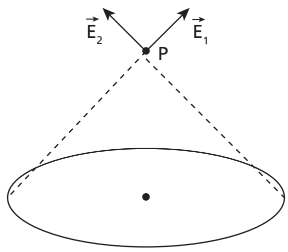
e)



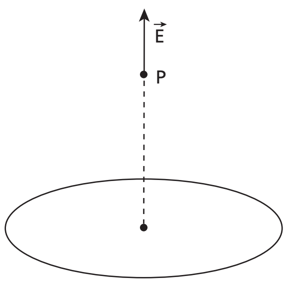
Resolução:

A carga **+q** gera, em **P**, campo de “afastamento”. As distâncias de cada porção Δq de carga até o ponto **P** é a mesma.

Assim, em **P**, temos infinitos vetores campo elétrico:

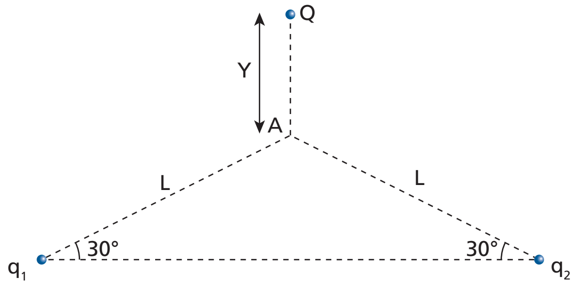


Devido à simetria na distribuição desses vetores, a resultante $\vec{E}$ terá direção vertical e sentido para cima.

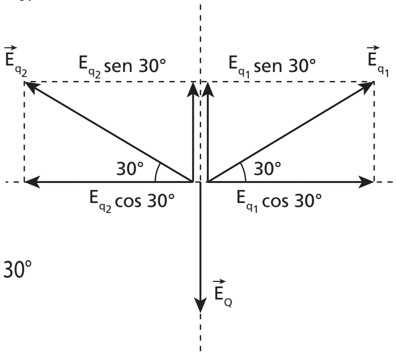


Resposta: e

28 (UFPE) A figura mostra um triângulo isósceles, de lado L = 3 cm e ângulo de base 30°. Nos vértices da base temos cargas pontuais $q_1 = q_2 = 2\ \mu C$. Deseja-se colocar uma outra carga $Q = 8\ \mu C$, a uma distância **Y** verticalmente acima do vértice **A**, de modo que o campo elétrico total em **A** seja igual a **zero**. Qual o valor de **Y**, em **centímetros**?



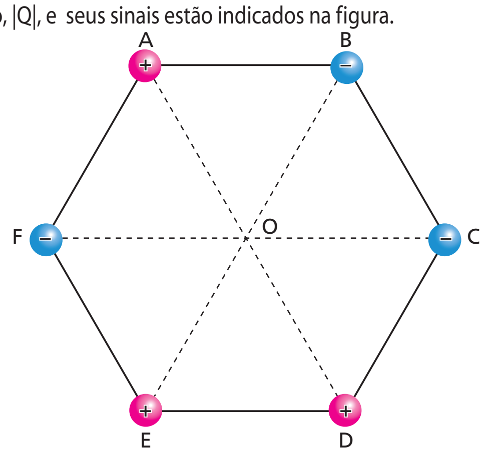
Resolução:
Em **A**, queremos que $E_A = 0$:
Mas:
$\vec{E}_A = \vec{E}_{q_1} + \vec{E}_{q_2} + \vec{E}_Q$



Assim:
$E_Q = E_{q_1}$ sen 30° + E_{q_2} sen 30°
$E_Q = 2\,E_{q_1}$ sen 30°
Como: $E = k\dfrac{Q}{d^2}$
Vem:
$$K\frac{Q}{y^2} = 2\,K\frac{q}{L^2}\cdot\frac{1}{2}$$
$$\frac{Q}{y^2} = \frac{q}{L^2}$$
$$\frac{8\cdot10^{-6}}{y^2} = \frac{2\cdot10^{-6}}{3^2}$$
$y^2 = 36$
$\boxed{y = 6\text{ cm}}$

Resposta: 6 cm

29 (PUC-SP) Seis cargas elétricas puntiformes encontram-se no vácuo fixas nos vértices de um hexágono de lado **l**. As cargas têm mesmo módulo, |Q|, e seus sinais estão indicados na figura.

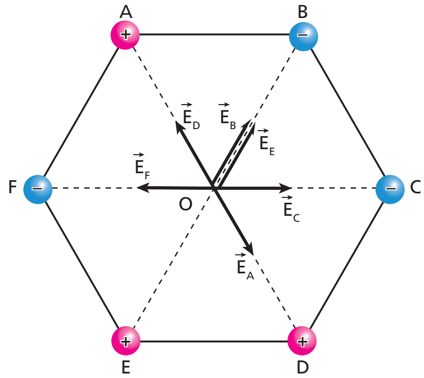


Dados: constante eletrostática do vácuo = $k_0 = 9{,}0\cdot10^9\ N\cdot m^2/C^2$;
$\ell = 3{,}0\cdot10^1$ cm;
$|Q| = 5{,}0\cdot10^{-5}$ C.

No centro do hexágono, o módulo e o sentido do vetor campo elétrico resultante são, respectivamente:

a) $5{,}0\cdot10^6$ N/C; de **E** para **B**.
b) $5{,}0\cdot10^6$ N/C; de **B** para **E**.
c) $5{,}0\cdot10^6$ N/C; de **A** para **D**.
d) $1{,}0\cdot10^7$ N/C; de **B** para **E**.
e) $1{,}0\cdot10^7$ N/C; de **E** para **B**.

Resolução:
Como cargas positivas geram, no ponto **O**, campo elétrico de "afastamento", e cargas negativas, campo elétrico de "aproximação", temos:



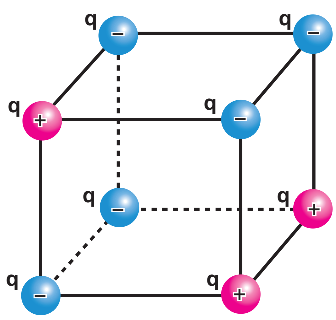
$\vec{E}_A + \vec{E}_D = \vec{0}$
$\vec{E}_C + \vec{E}_F = \vec{0}$

Assim, em **O**, o campo elétrico resultante vale:
$E_{res} = E_B + E_E = 2\,E_0$
Sendo:
$$E_0 = K\frac{|Q|}{d^2}$$
$$E_0 = 9{,}0\cdot10^9\ \frac{5{,}0\cdot10^{-5}}{(3{,}0\cdot10^{-1})^2}$$
Observe que:
$d = \ell = 3{,}0\cdot10^1\ cm = 3{,}0\cdot10^{-1}$ m
Assim:
$E_0 = 5{,}0\cdot10^6$ (N/C)
Portanto:
$E_{res} = 2\cdot5{,}0\cdot10^6$ (N/C)
$\boxed{E_{res} = 1{,}0\cdot10^7\ N/C}$

O sentido de $\vec{E}_{res}$ é de **E** para **B**.

Resposta: e

30 (PUC-SP) Em cada um dos vértices de uma caixa cúbica de aresta ℓ foram fixadas cargas elétricas de módulo **q** cujos sinais estão indicados na figura.



Sendo **K** a constante eletrostática do meio, o módulo da força elétrica que atua sobre uma carga, pontual de módulo 2q, colocada no ponto de encontro das diagonais da caixa cúbica é:

a) $\frac{4k\,q^2}{3\ell^2}$.

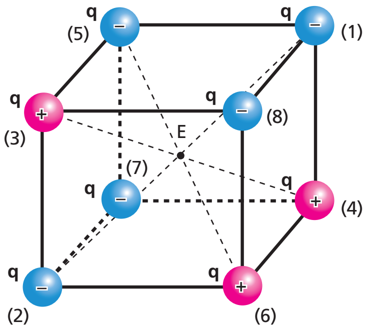
b) $\frac{8k\,q^2}{3\ell^2}$.

c) $\frac{16k\,q^2}{3\ell^2}$.

d) $\frac{8k\,q^2}{\ell^2}$.

e) $\frac{4k\,q^2}{\ell^2}$.

Resolução:
Nominando as cargas, temos:



Na figura, notamos que as cargas 1 e 2, 3 e 4, 7 e 8 produzem campo resultante nulo no ponto de encontro das diagonais do cubo.
Apenas as cargas 5 e 6 produzem campo elétrico resultante **não-nulo** no encontro das diagonais.
Assim:

$$E_E = E_5 + E_6$$

$$E_E = 2\,k\,\frac{|q|}{x^2}$$

Mas **x** é metade da diagonal do cubo:

$$x = \frac{1}{2}(\ell\sqrt{3})$$

Portanto:

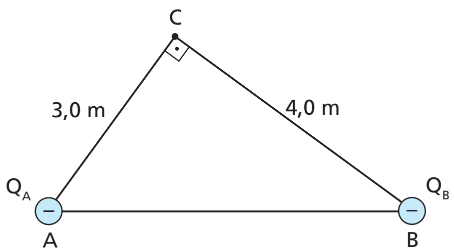
$$E_E = \frac{2\,kq}{\left(\frac{\ell\sqrt{3}}{2}\right)^2} \Rightarrow E_E = \frac{8}{3}\cdot\frac{kq}{\ell^2}$$

e a força aplicada na carga 2q, colocada em **E**, vale:

$$F = |2q|\,E \Rightarrow F = 2q\cdot\frac{8}{3}\cdot\frac{kq}{\ell^2} \Rightarrow \boxed{F = \frac{16}{3}\cdot k\,\frac{q^2}{\ell^2}}$$

Resposta: c

31 Nos vértices dos ângulos agudos de um triângulo retângulo são colocadas duas partículas eletrizadas, **A** e **B**, com cargas $Q_A = -7{,}2\ \mu C$ e $Q_B = -9{,}6 \cdot 10^{-6}$ C. A situação descrita é representada na figura a seguir, onde encontramos os dados complementares:



Determine:
a) a intensidade do campo elétrico resultante no ponto **C**;
b) o módulo da força resultante, devida a esse campo, numa carga de prova de +2,0 μC, se esta fosse colocada no ponto **C**.
Dado: constante eletrostática do meio = $1{,}0 \cdot 10^{10}$ (SI)

Resolução:

a) $E_A = K\frac{|Q_A|}{d_A^2} \Rightarrow E_A = 1{,}0 \cdot 10^{10} \cdot \frac{7{,}2 \cdot 10^{-6}}{(3{,}0)^2}$

$E_A = 8{,}0 \cdot 10^3$ N/C

$E_B = K\frac{|Q_B|}{d_B^2} \Rightarrow E_B = 1{,}0 \cdot 10^{10} \cdot \frac{9{,}6 \cdot 10^{-6}}{(4{,}0)^2}$

$E_B = 6{,}0 \cdot 10^3$ N/C

$E_C^2 = E_A^2 \cdot E_B^2$

$E_C^2 = (8{,}0 \cdot 10^3)^2 + (6{,}0 \cdot 10^3)^2$

$\boxed{E_C = 1{,}0 \cdot 10^4 \text{ N/C}}$

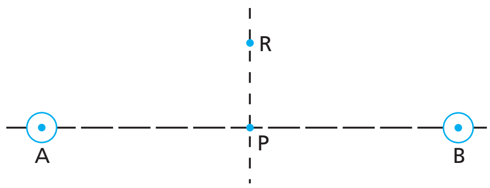
b) $F = |q|\,E$

$F = 2{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}0 \cdot 10^4$

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

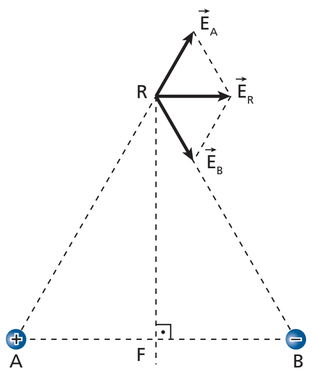
Respostas: a) $1{,}0 \cdot 10^4$ N/C; b) $2{,}0 \cdot 10^{-2}$ N

32 (Fuvest-SP) Há duas pequenas esferas **A** e **B**, condutoras, descarregadas e isoladas uma da outra. Seus centros estão distantes entre si de 20 cm. Cerca de $5{,}0 \cdot 10^6$ elétrons são retirados da esfera **A** e transferidos para a esfera **B**. Considere a carga do elétron igual a $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C e a constante eletrostática do meio igual a $9{,}0 \cdot 10^9$ N m²/C².



a) Qual a direção do campo elétrico num ponto **R** sobre a mediatriz do segmento AB?
b) Qual o valor do campo elétrico em **P**?

Resolução:
a) Representando os vetores campo elétrico em **R**, temos:



Portanto, em **R**, a direção do vetor campo elétrico resultante é a mesma da reta AB. Observe que $E_A = E_B$.

b) $E_A = E_B = K\dfrac{|Q|}{d^2} = K\dfrac{|n\,e|}{d^2}$

$E_A = E_B = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{5{,}0 \cdot 10^6 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{(0{,}10)^2}$

$E_A = E_B = 0{,}72$ N/C

Portanto:

$E_P = E_A + E_B = 0{,}72 + 0{,}72 \Rightarrow E_P = 1{,}44$ N/C $\boxed{E_P = 1{,}4 \text{ N/C}}$

Respostas: a) A direção é a mesma da reta AB; b) 1,4 N/C

33 (Ufal) Considere um retângulo de lados 3,0 cm e 4,0 cm. Uma carga elétrica **q** colocada em um dos vértices do retângulo gera no vértice mais distante um campo elétrico de módulo **E**. Nos outros dois vértices, o módulo do campo elétrico é:

a) $\dfrac{E}{9}$ e $\dfrac{E}{16}$.

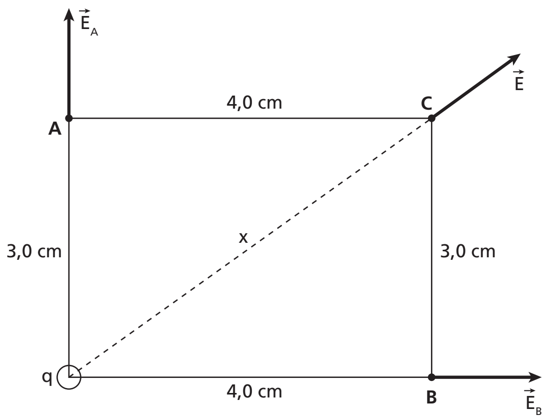
b) $\dfrac{4E}{25}$ e $\dfrac{3E}{16}$.

c) $\dfrac{4E}{3}$ e $\dfrac{5E}{3}$.

d) $\dfrac{5E}{4}$ e $\dfrac{5E}{3}$.

e) $\dfrac{25E}{9}$ e $\dfrac{25E}{16}$.

Resolução:



Na representação a carga **q** foi considerada positiva. No caso de ela ser negativa, os sentidos de $\vec{E}$, $\vec{E}_A$ e $\vec{E}_B$ seriam invertidos. Os módulos desses vetores não mudariam.

Cálculo de **x**:

$x^2 = (3{,}0)^2 + (4{,}0)^2 = 9{,}0 + 16 = 25$

$x = 5{,}0$ cm

Em **C**:

$E = K\dfrac{|q|}{d^2} \Rightarrow E = K\dfrac{|q|}{(5{,}0)^2}$

$25\,E = K\,|q|$

Em **B**:

$E_B = K\dfrac{|q|}{d_B^2} \Rightarrow E_B = K\dfrac{|q|}{(4{,}0)^2}$

$16\,E_B = K\,|q|$

$16\,E_B = 25\,E \Rightarrow \boxed{E_B = \dfrac{25E}{16}}$

Em **A**:

$E_A = K\dfrac{|q|}{d_A^2} \Rightarrow E_A = K\dfrac{|q|}{(3{,}0)^2}$

$9{,}0\,E_A = K\,|q| \Rightarrow 9{,}0\,E_A = 25E$

$\boxed{E_A = \dfrac{25E}{9}}$

Resposta: e

34 (Mack-SP) Em cada um dos pontos de coordenadas (d,0) e (0,d) do plano cartesiano, coloca-se uma carga elétrica puntiforme **Q**, e em cada um dos pontos de coordenadas (–d,0) e (0,–d) coloca-se uma carga puntiforme –**Q**. Estando essas cargas no vácuo (constante dielétrica = k_0), a intensidade do vetor campo elétrico na origem do sistema cartesiano será igual a:

a) $2\sqrt{2}\,\dfrac{k_0 Q}{d^2}$.

b) $(2 + \sqrt{2})\,\dfrac{k_0 Q}{d^2}$.

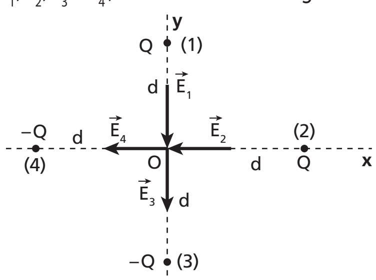
c) $(2 - \sqrt{2})\,\dfrac{k_0 Q}{d^2}$.

d) $\sqrt{2}\,\dfrac{k_0 Q}{d}$.

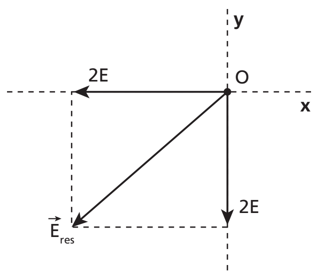
e) $\sqrt{5}\,\dfrac{k_0 Q}{d}$.

Resolução:

O descrito no texto e os respectivos campos elétricos, representados pelos vetores $\vec{E}_1$, $\vec{E}_2$, $\vec{E}_3$ e $\vec{E}_4$, estão indicados na figura a seguir:



Na origem **O** do sistema cartesiano, temos:



Por Pitágoras, vem:

$E_{res}^2 = (2E)^2 + (2E)^2$

$E_{res}^2 = 2 \cdot (2E)^2$

$E_{res} = 2\sqrt{2}\,E$

$\boxed{E_{res} = 2\sqrt{2}\,k_0\dfrac{Q}{d^2}}$

Resposta: a

35 E.R. Uma esfera metálica, de raio igual a 20,0 cm, é eletrizada com uma carga de +6,28 μC. Determine a densidade superficial média de cargas na superfície da esfera (adotar π = 3,14).

Resolução:
A densidade superficial média de cargas é dada pela relação:

$$\sigma_m = \frac{Q}{A}$$

sendo que **A** é a área da superfície em que a carga elétrica **Q** está distribuída. Assim, sabendo-se que a superfície externa, para a esfera, tem área dada por $A = 4\pi\, r^2$, em que **r** é o raio, segue-se:

$$\sigma_m = \frac{+6{,}28\ \mu C}{4\pi\,(0{,}200)^2\ m^2} = \frac{+6{,}28\ \mu C}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}04\ m^2}$$

$$\boxed{\sigma_m = +12{,}5\ \mu C/m^2}$$

36 Uma esfera condutora possui uma densidade superficial de cargas uniforme de –5,00 μC/m². Determine a carga existente nessa esfera, sabendo que seu raio é igual a 50,0 cm (adote π = 3,14).

Resolução:

$$\sigma_m = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{4\pi R^2}$$

$$-5 \cdot 10^{-6} = \frac{Q}{4 \cdot 3{,}14 \cdot (0{,}5)^2}$$

$$Q = -15{,}7 \cdot 10^{-6}\ C$$

$$\boxed{Q = -\,15{,}7\ \mu C}$$

Resposta: –15,7 μC

37 Determine o número de elétrons que deve ser retirado de um condutor, cuja área da superfície externa vale 0,80 m², para que sua densidade superficial média de cargas seja igual a +6,0 μC/m².
Carga elementar: $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.

Resolução:

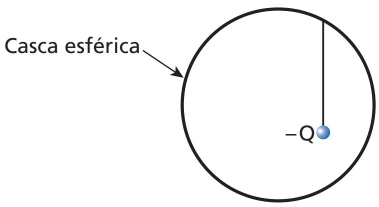
$$\sigma_m = \frac{Q}{A} = \frac{n \cdot e}{A}$$

$$6{,}0 \cdot 10^{-6} = \frac{n \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{0{,}80}$$

$$\boxed{n = 3{,}0 \cdot 10^{13}\ \text{elétrons}}$$

Resposta: $n = 3{,}0 \cdot 10^{13}$ elétrons

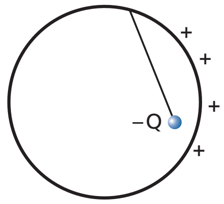
38 (UFU-MG) Uma pequena bolinha de metal, carregada com uma carga elétrica –Q, encontra-se presa por um fio no interior de uma fina casca esférica condutora neutra, conforme figura abaixo.



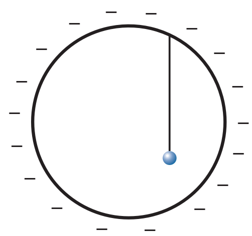
A bolinha encontra-se em uma posição não concêntrica com a casca esférica.

Com base nessas informações, indique a alternativa que corresponde a uma situação física verdadeira.

a) Se o fio for de material isolante, a bolinha não trocará cargas elétricas com a casca esférica condutora, porém induzirá uma carga total +Q na casca, a qual ficará distribuída sobre a parte externa da casca, assumindo uma configuração conforme representação abaixo.

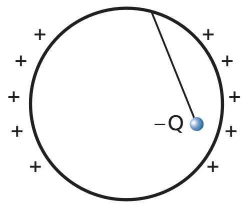


b) Se o fio for de material condutor, a bolinha trocará cargas elétricas com a casca esférica, tornando-se neutra e produzindo uma carga total –Q na casca esférica, a qual ficará distribuída uniformemente sobre a parte externa da casca, conforme representação a seguir.



c) Se o fio for de material isolante, haverá campo elétrico na região interna da casca esférica devido à carga –Q da bolinha, porém não haverá campo elétrico na região externa à casca esférica neutra.
d) Se o fio for de material condutor, haverá campo elétrico nas regiões interna e externa da casca esférica, devido às trocas de cargas entre a bolinha e a casca esférica.

Resolução:
a) Falsa. A carga induzida na esfera maior estará distribuída pela sua superfície externa, havendo maior concentração próximo da esfera menor.



b) Verdadeira.
c) Falsa. No interior da esfera maior, o campo elétrico será **não-nulo** devido à carga –Q da esfera menor e, na parte externa, o campo elétrico será também **não-nulo**, devido à carga –Q e à carga +Q (induzida na superfície externa da esfera maior).
d) Falsa. Se o fio condutor, a carga –Q irá para a superfície externa da esfera maior, proporcionando um campo elétrico nulo na parte interna dessa esfera.

Resposta: b

Dados para a resolução das questões **39** e **40**:
Uma esfera metálica de raio R = 0,50 m está carregada com uma carga positiva e em equilíbrio eletrostático, de modo que sua densidade superficial de cargas seja $1{,}0 \cdot 10^{-6}$ C/m². A esfera encontra-se no vácuo.

Dado: $K_0 = 9{,}0 \cdot 10^9\ \frac{N \cdot m^2}{C^2}$

39 (PUC-MG) A esfera encontra-se carregada com uma carga elétrica de:

a) $3{,}14 \cdot 10^{-6}$ C.
b) $1{,}0 \cdot 10^{-6}$ C.
c) $9{,}0 \cdot 10^{3}$ C.
d) $9{,}0 \cdot 10^{9}$ C.

Resolução:

$$\sigma_m = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{4\pi R^2}$$

$$1{,}0 \cdot 10^{-6} = \frac{Q}{4 \cdot 3{,}14 \cdot (0{,}50)^2}$$

$$\boxed{Q = 3{,}14 \cdot 10^{-6} C}$$

Resposta: a

40 (PUC-MG) O campo elétrico para pontos que estejam a uma distância de 30 cm do centro dessa esfera vale:

a) $3{,}14 \cdot 10^{5}$ N/C.
b) $9{,}0 \cdot 10^{-6}$ N/C.
c) $1{,}0 \cdot 10^{5}$ N/C.
d) 0.

Resolução:

d (30 cm) < R (0,50 m)

O ponto indicado na questão pertence à região interna da esfera. Assim, nesse ponto:

$$\boxed{E = 0}$$

Resposta: d

41 Uma esfera metálica de raio **R** foi eletrizada com uma carga elétrica positiva **Q**. Para que uma outra esfera metálica de raio 2R tenha a mesma densidade superficial de cargas da primeira esfera, é necessário eletrizá-la com que carga?

Resolução:

$$\sigma_m = \frac{Q}{A}$$

Assim:

$$\frac{Q_1}{A_1} = \frac{Q_2}{A_2}$$

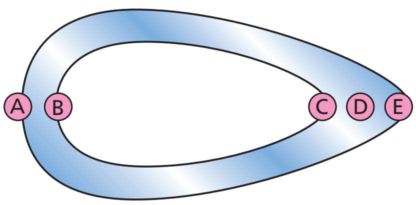
$$\frac{Q}{4\pi R^2} = \frac{Q_2}{4\pi (2R)^2}$$

$$\frac{Q}{R^2} = \frac{Q_2}{4 R^2}$$

$$\boxed{Q_2 = 4Q}$$

Resposta: 4Q

42 A figura mostra, em corte longitudinal, um objeto metálico oco eletrizado.



Em qual das regiões assinaladas há maior concentração de cargas?

Resolução:

A concentração de cargas elétricas é **maior** onde o raio de curvatura do condutor for **menor** (poder das pontas).

Assim, no ponto **E** temos concentração maior de cargas.

Resposta: e

43 (Cefet-PR) Um cubo é feito de alumínio e está eletrizado e em equilíbrio eletrostático. Quanto ao campo elétrico, podemos dizer que este é:

a) mais intenso nas proximidades dos centros das faces do cubo.
b) mais intenso nas proximidades dos centros das arestas do cubo.
c) mais intenso nas proximidades dos vértices do cubo.
d) de igual intensidade nas proximidades de qualquer parte do cubo.
e) tão intenso nas proximidades quanto no seu interior.

Resolução:

O campo elétrico é mais intenso onde existir maior densidade de carga. Isso acontece nas pontas (nos vértices), onde o raio de curvatura é menor.

Resposta: c

44 (ENC-MEC) O poder das pontas é uma consequência da forma como as partículas portadoras de carga elétrica se distribuem na superfície de um condutor. Em um dado condutor carregado, em equilíbrio eletrostático, pode-se afirmar que, em relação ao restante da superfície, nas pontas:

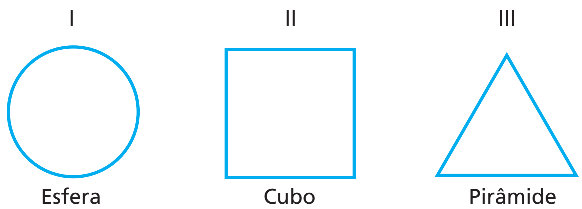
a) a quantidade e a densidade de cargas são sempre maiores.
b) a quantidade e a densidade de cargas são sempre menores.
c) a quantidade e a densidade de cargas são sempre iguais.
d) a quantidade de cargas é sempre menor, mas a densidade de cargas é sempre maior.
e) a quantidade de cargas é sempre maior, mas a densidade de cargas é sempre menor.

Resolução:

Nas pontas de um condutor eletrizado, encontramos uma quantidade maior de cargas por unidade de área.

Resposta: a

45 (UFRGS-RS) A figura abaixo representa, em corte, três objetos de formas geométricas diferentes, feitos de material bom condutor, que se encontram em repouso. Os objetos são ocos, totalmente fechados, e suas cavidades internas se acham vazias. A superfície de cada um dos objetos está carregada com carga elétrica estática de mesmo valor **Q**.



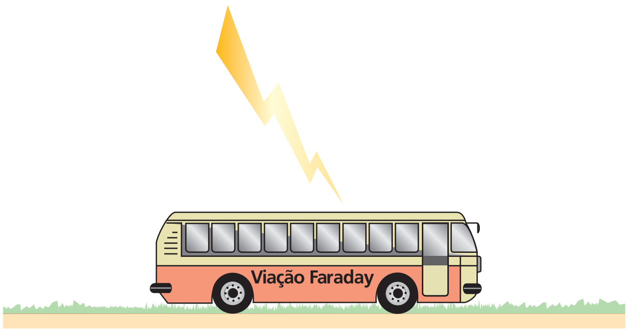
Em quais desses objetos o campo elétrico é nulo em qualquer ponto da cavidade interna?

a) Apenas em I.
b) Apenas em II.
c) Apenas em I e II.
d) Apenas em II e III.
e) Em I, II e III.

Resolução:
O campo elétrico é nulo nos pontos internos de um condutor eletrizado e em equilíbrio, independentemente da sua forma.

Resposta: e

46 (UFV-MG) Durante uma tempestade, um raio atinge um ônibus que trafega por uma rodovia.



Pode-se afirmar que os passageiros:
a) não sofrerão dano físico em decorrência desse fato, pois os pneus de borracha asseguram o isolamento elétrico do ônibus.
b) serão atingidos pela descarga elétrica, em virtude de a carroceria metálica ser boa condutora de eletricidade.
c) serão parcialmente atingidos, pois a carga será homogeneamente distribuída na superfície interna do ônibus.
d) não sofrerão dano físico em decorrência desse fato, pois a carroceria metálica do ônibus atua como blindagem.
e) não serão atingidos, pois os ônibus interurbanos são obrigados a portar um pararraios em sua carroceria.

Resolução:
A carroceria metálica do ônibus atuará como a gaiola de Faraday, blindando o seu interior e evitando que os passageiros sofram danos.

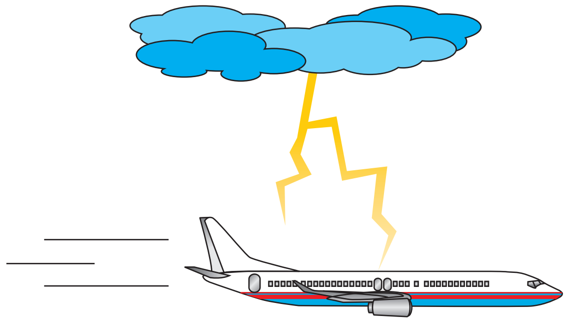
Resposta: d

47 (UFMT) Indique a aplicação tecnológica do conceito demonstrado por Faraday, na primeira metade do século XIX, na experiência conhecida como gaiola de Faraday.
a) Isolamento térmico do conteúdo de garrafas térmicas.
b) Atração dos raios em tempestades por pararraios.
c) Isolamento elétrico promovido pela borracha dos pneus de veículos.
d) Recobrimento com material isolante em cabos utilizados para transporte de energia elétrica.
e) Bloqueio para chamadas de telefone celular em penitenciárias.

Resolução:
Se uma penitenciária fosse envolvida por uma malha metálica, onde os "buracos" tivessem dimensões menores de 15 cm, não haveria penetração de campos elétricos em seu interior, tornando-a blindada a ondas eletromagnéticas na faixa da telefonia móvel (da ordem de 1 800 mHz). No entanto, isso não é feito pelo alto custo, preferindo-se a utilização da interferência, emitindo-se ondas nessa faixa de frequência com intensidade muito maior.

Resposta: e

48 (AFA-RJ) Durante tempestade, um raio atinge um avião em voo.



Pode-se afirmar que a tripulação:
a) não será atingida, pois aviões são obrigados a portar um pararraios em sua fuselagem.
b) será atingida em virtude de a fuselagem metálica ser boa condutora de eletricidade.
c) será parcialmente atingida, pois a carga será homogeneamente distribuída na superfície interna do avião.
d) não sofrerá dano físico, pois a fuselagem metálica atua como blindagem.

Resolução:
A descarga elétrica ocorrida irá eletrizar o avião. Porém, como sua fuselagem é metálica (bom condutor), essas cargas irão se distribuir na superfície externa, não causando danos aos passageiros. A fuselagem atua como blindagem para o seu conteúdo.

Resposta: d

49 Quais das seguintes afirmações, referentes a um condutor eletrizado em equilíbrio eletrostático, estão corretas?
I. Em todos os pontos do interior do condutor, o campo elétrico é nulo, independentemente de ele ser maciço ou oco.
II. Na superfície do condutor e nas suas vizinhanças, o vetor campo elétrico é perpendicular à superfície.
III. No caso de um condutor esférico, livre de influências de outros corpos, a intensidade do vetor campo elétrico em pontos externos é calculada considerando toda sua carga concentrada em seu centro.

Resolução:
I. Correta
II. Correta
III. Correta

Resposta: Todas

50 Num campo elétrico uniforme, uma carga de prova fica sujeita a uma força cuja intensidade é:
a) nula;
b) a mesma em qualquer ponto do campo;
c) variável;
d) inversamente proporcional ao quadrado da distância da carga de prova às cargas que criam o campo;
e) diretamente proporcional à distância da carga de prova às cargas que criam o campo.

Resolução:
A principal característica de um CEU (campo elétrico uniforme) é que uma carga de prova está sujeita a uma força de mesma intensidade em qualquer ponto desse campo.

Resposta: b

51 Em certa região do espaço existe um campo elétrico uniforme de intensidade $3,6 \cdot 10^3$ N/C. Uma carga elétrica puntiforme de $1,0 \cdot 10^{-5}$ C, colocada nessa região, sofrerá a ação de uma força de que intensidade?

Resolução:

$F = |q|\,E$

$F = 1,0 \cdot 10^{-5} \cdot 3,6 \cdot 10^3$ (N)

$\boxed{F = 3,6 \cdot 10^{-2}\ \text{N}}$

Resposta: $3,6 \cdot 10^{-2}$ N

52 E.R. Um condutor esférico, de raio igual a 20 cm, recebe $2,5 \cdot 10^{13}$ elétrons. Determine o módulo do vetor campo elétrico criado nos pontos **A** e **B**, distantes, respectivamente, 10 cm e 60 cm do centro do condutor.
Dados: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C ;
$K_0 = 9,0 \cdot 10^9$ N m²/C².

Resolução:
Ponto **A**:
O ponto **A** é interno ao condutor, pois o raio da esfera é de 20 cm. Assim:

$$\boxed{E_A = 0}$$

Ponto **B**:
O ponto **B** é externo à esfera eletrizada e o módulo do vetor campo, nesse ponto, é dado por:

$$E_B = K\frac{|Q|}{d^2} \Rightarrow E_B = K_0\frac{n\,e}{d^2}$$

Portanto, tem-se:

$$E_B = 9,0 \cdot 10^9 \cdot \frac{2,5 \cdot 10^{13} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{(0,60)^2}$$

$$\boxed{E_B = 1,0 \cdot 10^5\ \text{N/C}}$$

53 Que raio deve ter uma esfera condutora, para produzir nas vizinhanças de sua superfície externa um campo elétrico de intensidade $1,0 \cdot 10^3$ N/C, quando recebe $4,0 \cdot 10^{11}$ elétrons? Sabe-se que a constante eletrostática do meio vale $1,0 \cdot 10^{10}$ unidades do SI.
Dado: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Resolução:

$$E = K\frac{|Q|}{R^2}$$

$$E = K\frac{n\,e}{R^2}$$

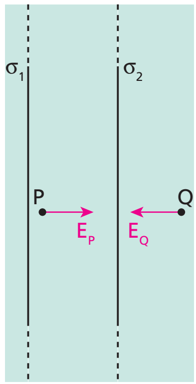
$$1,0 \cdot 10^3 = 1,0 \cdot 10^{10} \cdot \frac{4,0 \cdot 10^{11} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{R^2}$$

$R^2 = 0,64$

$\boxed{R = 0,80\ \text{m}}$

Resposta: 0,80 m

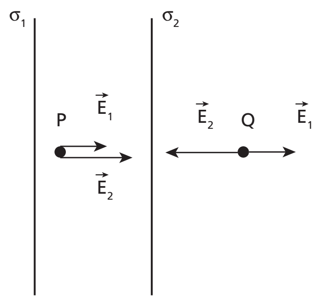
54 (UFPI) A figura mostra dois planos de cargas, infinitos, de densidades superficiais uniformes, σ_1 e σ_2, respectivamente. Os planos são paralelos e situados no vácuo. Nos pontos **P** e **Q**, o campo elétrico é dado pelos vetores E_P e E_Q, mostrados na figura. O módulo E_P é maior que o módulo E_Q ($E_P > E_Q$).



O campo elétrico de um plano de cargas infinito e de densidade superficial σ tem seu módulo dado por $E = \frac{|\sigma|}{2\varepsilon_0}$, sendo ε_0 a permissividade elétrica do vácuo. Por isso é correto afirmar que a situação mostrada na figura só é possível se:

a) σ_1 é positivo, σ_2 é negativo e $|\sigma_1| < |\sigma_2|$.
b) σ_1 é negativo, σ_2 é negativo e $|\sigma_1| > |\sigma_2|$.
c) σ_1 é positivo, σ_2 é positivo e $|\sigma_1| < |\sigma_2|$.
d) σ_1 é negativo, σ_2 é positivo e $|\sigma_1| > |\sigma_2|$.
e) σ_1 é positivo, σ_2 é positivo e $|\sigma_1| = |\sigma_2|$.

Resolução:



$|\vec{E}_P| = |\vec{E}_1| + |\vec{E}_2|$

$|\vec{E}_Q| = |\vec{E}_2| - |\vec{E}_1|$

Para ocorrer o descrito, devemos ter:

$|\vec{E}_2| > |\vec{E}_1|$

Assim:

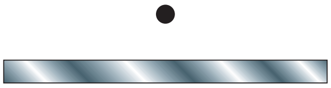
$|\sigma_1| < |\sigma_2|$

$$\text{e} \begin{cases} \sigma_1 > 0 \\ \sigma_2 < 0 \end{cases}$$

Resposta: a

55 (PUC-SP) Responda às questões seguintes:

a) Numa certa região da Terra, nas proximidades da superfície, a aceleração da gravidade vale 10 m/s², e o campo eletrostático do planeta vale 100 N/C, orientado verticalmente para baixo. Determine o sinal e o valor da carga elétrica que uma bolinha de gude, de massa igual a 50 g, deveria ter para permanecer suspensa em repouso, acima do solo.



Considere o campo elétrico praticamente uniforme no local e despreze qualquer outra força atuando sobre a bolinha.

b) Por que nos pararraios são geralmente utilizados metais pontiagudos? Explique.

Resolução:

a) $F_e = P \Rightarrow |q|\,E = m\,g$

$|q| \cdot 100 = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 10$

$|q| = 5{,}0 \cdot 10^{-3}\ C$

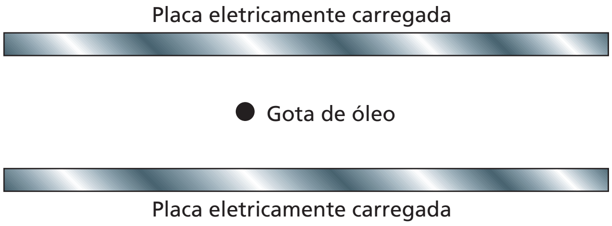
$\boxed{q = -5{,}0 \cdot 10^{-3}\ C}$

Para equilibrar o peso, a partícula deve ser repelida pelas cargas negativas da Terra.

b) São usados metais, por serem bons condutores de eletricidade, e pontiagudos, devido ao poder das pontas. O campo elétrico é mais intenso nas pontas, facilitando as descargas elétricas.

Respostas: a) $-5{,}0 \cdot 10^{-3}$ C; b) Devido ao poder das pontas. O campo elétrico é mais intenso nas regiões pontiagudas do condutor, o que facilita as descargas elétricas por esses pontos.

56 (PUC-RS) A quantização da carga elétrica foi observada por Millikan em 1909. Nas suas experiências, Millikan mantinha pequenas gotas de óleo eletrizadas em equilíbrio vertical entre duas placas paralelas também eletrizadas, como mostra a figura abaixo. Para conseguir isso, regulava a diferença de potencial entre essas placas alterando, consequentemente, a intensidade do campo elétrico entre elas, de modo a equilibrar a força da gravidade.



Suponha que, em uma das suas medidas, a gota tivesse um peso de $2{,}4 \cdot 10^{-13}$ N e uma carga elétrica positiva de $4{,}8 \cdot 10^{-19}$ C. Desconsiderando os efeitos do ar existente entre as placas, qual deveria ser a intensidade e o sentido do campo elétrico entre elas para que a gota ficasse em equilíbrio vertical?

a) $5{,}0 \cdot 10^{5}$ N/C, para cima.
b) $5{,}0 \cdot 10^{4}$ N/C, para cima.
c) $4{,}8 \cdot 10^{-5}$ N/C, para cima.
d) $2{,}0 \cdot 10^{-5}$ N/C, para baixo.
e) $2{,}0 \cdot 10^{-6}$ N/C, para baixo.

Resolução:

Na condição de equilíbrio, temos:

$F_e = P$

$|q|\,E = P$

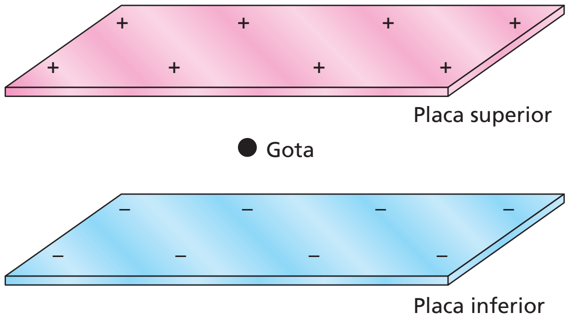
$$E = \frac{P}{|q|} = \frac{2{,}4 \cdot 10^{-3}}{4{,}8 \cdot 10^{-19}}\ (N/C)$$

$\boxed{E = 5{,}0 \cdot 10^{5}\ N/C}$

Nas cargas positivas, a força elétrica tem a mesma direção e o mesmo sentido do vetor campo elétrico. Assim, o campo elétrico é orientado **para cima**.

Resposta: a

57 (UFMG) Em um experimento, o professor Ladeira observa o movimento de uma gota de óleo, eletricamente carregada, entre duas placas metálicas paralelas, posicionadas horizontalmente. A placa superior tem carga positiva e a inferior, negativa, como representado nesta figura:



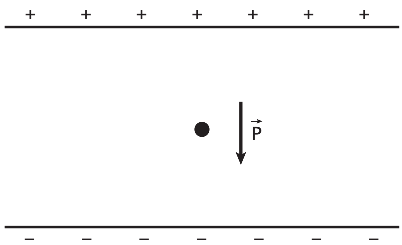
Considere que o campo elétrico entre as placas é uniforme e que a gota está apenas sob a ação desse campo e da gravidade.

Para um certo valor do campo elétrico, o professor Ladeira observa que a gota cai com velocidade constante.

Com base nessa situação, é **correto** afirmar que a carga da gota é:

a) negativa e a resultante das forças sobre a gota não é nula.
b) positiva e a resultante das forças sobre a gota é nula.
c) negativa e a resultante das forças sobre a gota é nula.
d) positiva e a resultante das forças sobre a gota não é nula.

Resolução:

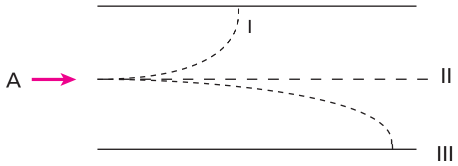


A força peso $\vec{P}$ puxa a gota para baixo. Se a gota cai com velocidade constante, a força elétrica $\vec{F}_e$ deve ter a mesma direção e módulo de $\vec{P}$ e sentido oposto.

Assim, $\vec{F}_e$ tem sentido para cima. Isso somente ocorre se a carga elétrica da gota é **negativa**.

Resposta: c

58 (PUC-MG) Em abril de 1997 comemoraram-se 100 anos da descoberta do elétron por J. J. Thomson. Anos mais tarde, foram descobertos o próton e o nêutron. De um ponto **A** situado entre duas placas paralelas, uma delas carregada positivamente e a outra, negativamente, um elétron, um próton e um nêutron são lançados com velocidades horizontais iguais. Escolha a opção que representa as trajetórias das partículas, nesta ordem: elétron, próton e nêutron.



a) I, II e III.
b) II, III e I.
c) III, I e II.
d) I, III e II.
e) III, II e I.

Resolução:

$F_e = F_{cp} = \dfrac{m\,v^2}{R}$

Como as velocidades (**v**) são iguais, a partícula que apresentar menor massa (**m**) realizará uma trajetória curva de menor raio (**R**).

Assim:

I $\Rightarrow$ elétron (massa menor, menor raio de curvatura)

II $\Rightarrow$ nêutron (não sofre ação de campo elétrico)

I $\Rightarrow$ próton (massa maior, maior raio de curvatura)

Resposta: d

59 Entre duas placas planas horizontais, eletrizadas com cargas de mesmo módulo e sinais opostos, existe um campo elétrico uniforme de intensidade $4{,}0 \cdot 10^3$ N/C. Uma partícula eletrizada com $+5{,}0\ \mu C$, ao ser colocada entre as placas, permanece em repouso. Determine a massa da partícula.

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

Resolução:

Condição de repouso:

$F_e = P$

$|q|\,E = m\,g$

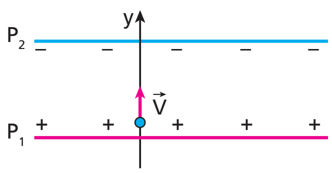
$5{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot 4{,}0 \cdot 10^3 = m \cdot 10$

$m = 2{,}0 \cdot 10^{-3}$ kg

$\boxed{m = 2{,}0\ g}$

Resposta: 2,0 g

60 (PUC-MG) Uma partícula de massa **m** e carga **q**, positiva, é abandonada em repouso em um campo elétrico uniforme $\vec{E}$, produzido por duas placas metálicas P_1 e P_2, movendo-se então unicamente sob a ação desse campo. **Dado:** $g = 10\ m/s^2$



Indique a opção correta:

a) A aceleração da partícula é $a = q\,E\,m$.
b) A partícula será desviada para a direita, descrevendo uma trajetória parabólica.
c) A energia cinética, após a partícula ter percorrido uma distância **d**, é $E_c = q\,E\,d$.
d) A partícula executará um movimento uniforme.
e) A força que atua sobre a partícula é perpendicular ao campo.

Resolução:

a) Falsa.

$F = F_e \Rightarrow m\,a = |q|\,E$

$\boxed{a = \dfrac{|q|\,E}{m}}$

b) Falsa.

A partícula irá seguir em linha reta, acompanhando a orientação do campo elétrico existente nesse ponto. Observe que a partícula foi abandonada ($v_0 = 0$).

c) Verdadeira.

$\Delta E_c = \tau$

$E_{cf} - E_{ci} = F \cdot d$

$\boxed{E_{cf} = |q|\,E \cdot d}$

Observe que $E_{ci} = 0$, a partícula parte do repouso.

d) Falsa.

O movimento será uniformemente acelerado.

e) Falsa.

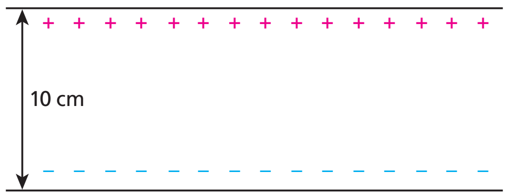
$\vec{F} = q\,\vec{E}$

A força e o campo elétrico são vetores de mesma direção.

Resposta: c

61 (FEI-SP) A figura a seguir mostra duas películas planas de cargas elétricas de sinais opostos, mas de mesma densidade superficial. Um elétron parte do repouso da película negativa e atinge a película oposta em $5 \cdot 10^{-8}$ s. Calcule a intensidade do campo elétrico $\vec{E}$.

Dados: $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg e $q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.



Resolução:

$\Delta s = v \cdot t + \dfrac{\gamma\,t^2}{2}$

Como $v_0 = 0$, temos:

$\Delta s = \dfrac{\gamma\,t^2}{2} \Rightarrow \gamma = \dfrac{2\Delta s}{t^2}$

Mas:

$F = m\,\gamma$

então:

$F = \dfrac{2m\Delta s}{t^2}$

$|q|\,E = \dfrac{2m\Delta s}{t^2}$

$E = \dfrac{2m\Delta s}{|q|t^2} = \dfrac{2 \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 10 \cdot 10^{-2}}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot (5 \cdot 10^{-8})^2}$

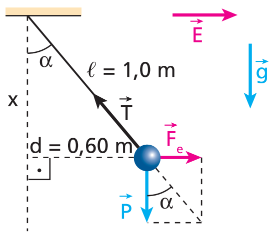
$\boxed{E = 4{,}5 \cdot 10^2\ N/C}$

Resposta: $4{,}5 \cdot 10^2$ N/C

62 E.R. Um pêndulo elétrico tem comprimento $\ell = 1{,}0$ m. A esfera suspensa possui massa m = 10 g e carga elétrica **q**. Na região em que se encontra o pêndulo, a aceleração da gravidade vale 10 m/s² e existe um campo elétrico cujo vetor $\vec{E}$ é horizontal e de módulo $7{,}5 \cdot 10^3$ N/C. O pêndulo estaciona com a esfera à distância d = 0,60 m da vertical baixada do ponto de suspensão. Determine a carga **q**.

Resolução:

A configuração descrita no exercício está representada no esquema ao lado.



Por Pitágoras:

$L^2 = d^2 + x^2$

$(1{,}0)^2 = (0{,}60)^2 + x^2$

$x = 0{,}80$ m

Da figura, obtém-se: $\text{tg}\,\alpha = \dfrac{F_e}{P}$

Porém: $F_e = |q|\,E$

$P = m\,g$

$\text{tg}\,\alpha = \dfrac{d}{x}$

Assim: $\dfrac{d}{x} = \dfrac{|q|\,E}{m\,g} \Rightarrow |q| = \dfrac{d\,m\,g}{x\,E}$

$|q| = \dfrac{0{,}60 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{0{,}80 \cdot 7{,}5 \cdot 10^3}$

$|q| = 10 \cdot 10^{-6}\ \text{C} \Rightarrow |q| = 10\ \mu\text{C} \Rightarrow \boxed{q = \pm 10\ \mu\text{C}}$

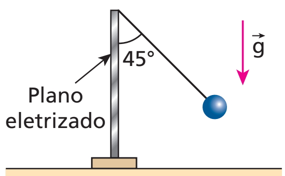
Nota:

- A situação representada no esquema corresponde ao caso em que **q** é positiva. Se **q** fosse negativa, a posição de equilíbrio seria simétrica em relação à vertical baixada do ponto de suspensão.

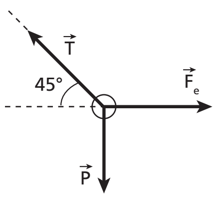
63 Uma pequena esfera de peso $P = 5{,}0 \cdot 10^{-2}$ N, eletrizada com uma carga q = +0,20 μC, está suspensa por um fio isolante bastante leve, que na posição de equilíbrio forma um ângulo de 45° com um plano vertical uniformemente eletrizado com densidade superficial **σ**.

Qual o módulo da densidade superficial de cargas **σ**?

Dado: permissividade absoluta do meio: $\varepsilon = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ (SI)



Resolução:



Como o ângulo de inclinação é 45º, temos:

$F_e = P$

$|q|\,E = P$

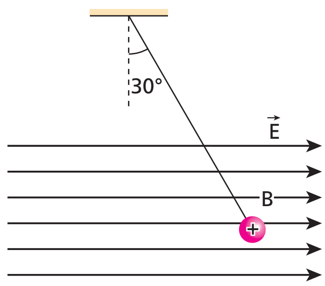
$|q|\,\dfrac{|\sigma|}{2\,\epsilon} = P$

$|\sigma| = \dfrac{P\,2\,\epsilon}{|q|} = \dfrac{5{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12}}{0{,}20 \cdot 10^{-6}}$

$\boxed{|\sigma| \cong 4{,}4\ \mu\text{C/m}^2}$

Resposta: 4,4 μC/m²

64 (UFG-GO) Uma bolinha **B**, carregada positivamente, está suspensa por um fio isolante que forma um ângulo de 30° com a vertical, quando imersa num campo elétrico uniforme e horizontal, conforme indicado na figura abaixo.



Sejam $\vec{F}$ a força que o campo elétrico exerce sobre **B**, $\vec{P}$ o peso de **B** e $\vec{T}$ a força exercida pelo fio sobre **B**.

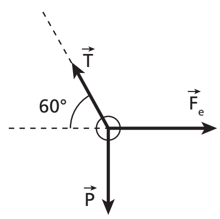
a) Reproduza a bolinha indicando as forças $\vec{F}$, $\vec{P}$ e $\vec{T}$.

b) Sendo $|\vec{P}| = 0{,}03$ N, qual o valor de $|\vec{F}|$?

c) Sendo de 5,0 μC a carga da bolinha, qual a intensidade de $\vec{E}$?

Resolução:

a)



b) $\div \begin{cases} T \text{ sen } 60° = P \\ T \cos 60° = F_e \end{cases}$

$\dfrac{\text{sen } 60°}{\cos 60°} = \dfrac{P}{F_e}$

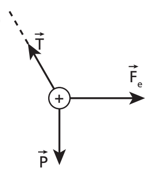
$F_e = \dfrac{P}{\text{tg } 60°} = \dfrac{0{,}03}{\sqrt{3}} \Rightarrow \boxed{F_e = \sqrt{3} \cdot 10^{-2}\ \text{N}}$

c) $F_e = |q|\,E$

$\sqrt{3} \cdot 10^{-2} = 5{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot E$

$\boxed{E = 2\sqrt{3} \cdot 10^{3}\ \text{N/C}}$

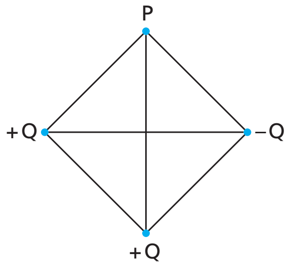
Respostas: a)



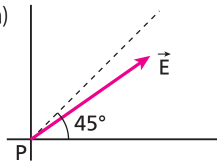
b) $\sqrt{3} \cdot 10^{-2}$ N;

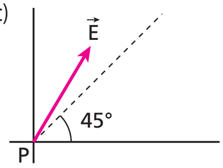
c) $2\sqrt{3} \cdot 10^{3}$ N/C

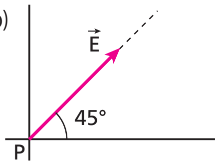
65 (Fatec-SP) O esquema abaixo representa um quadrado com três vértices ocupados por cargas elétricas puntiformes. Essas cargas produzem no vértice **P** campo eletrostático $\vec{E}$.

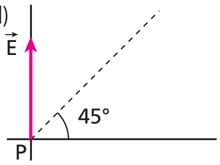


Esse campo em **P** é mais bem representado no esquema:

a)


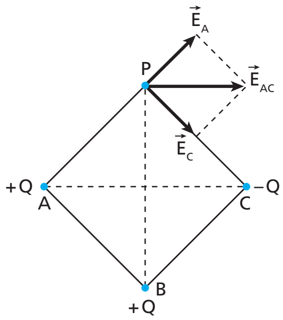
c)


b)


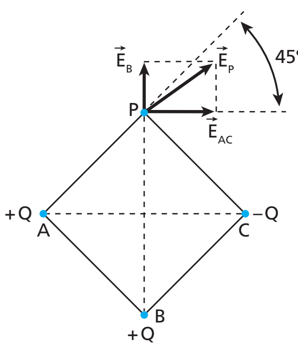
d)


Resolução:

Somando os vetores campo elétrico $\vec{E}_A$ e $\vec{E}_C$ (atenção que $E_A = E_C$), temos:

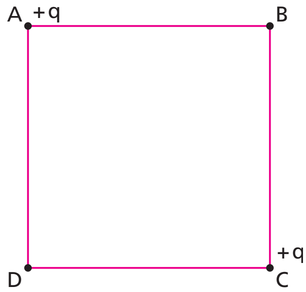


Como a distância BP é maior que AP e CP, o vetor campo $\vec{E}_B$ é menor do que $\vec{E}_A$ e $\vec{E}_C$.



Resposta: a

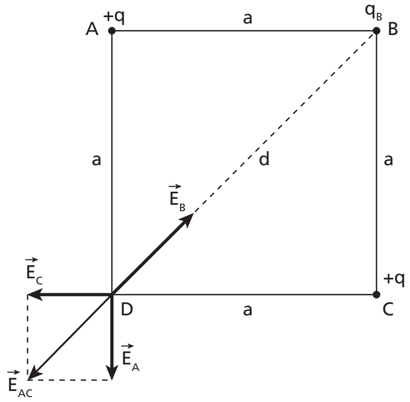
66 (Mack-SP) Nos vértices **A** e **C** do quadrado a seguir, colocam-se cargas elétricas de valor $+q$. Para que no vértice **D** do quadrado o campo elétrico tenha intensidade nula, a carga elétrica que deve ser colocada no vértice **B** deve ter o valor:



a) $\sqrt{2}\,q$.
b) $-\sqrt{2}\,q$.
c) $-\dfrac{3\sqrt{2}}{2}\,q$.
d) $2\sqrt{2}\,q$.
e) $-2\sqrt{2}$.

Resolução:

O campo elétrico em **D** é representado por:



$|\vec{E}_A| = |\vec{E}_C| = K\dfrac{q}{a^2}$

Usando-se Pitágoras:

$E_{AC}^2 = E_A^2 + E_C^2$

$E_{AC}^2 = 2\left(K\dfrac{q}{a^2}\right)^2$

$E_{AC} = \sqrt{2}\,\dfrac{Kq}{a^2}$

Como:

$|E_{AC}| = |E_B|$

Temos:

$\sqrt{2}\cdot\dfrac{Kq}{a^2} = K\dfrac{|q_B|}{d^2}$

Mas:

$d = a\sqrt{2}$ (diagonal do quadrado)

Então:

$\sqrt{2}\,\dfrac{Kq}{a^2} = K\dfrac{|q_B|}{(a\sqrt{2})^2} \Rightarrow \sqrt{2}\,\dfrac{q}{a^2} = \dfrac{|q_B|}{a^2\cdot 2}$

$|q_B| = 2\sqrt{2}\,q$

Sendo $\vec{E}_B$ um vetor campo de "aproximação" em relação à carga q_B, esta deve ter sinal negativo.

Assim:

$\boxed{q_B = -2\sqrt{2}\,q}$

Resposta: e

67 O campo elétrico no baricentro de um triângulo equilátero de lado igual a ℓ, em cujos vértices encontram-se cargas iguais a **Q**, vale:

a) $\dfrac{3Q}{4\pi\varepsilon_0\ell}$.

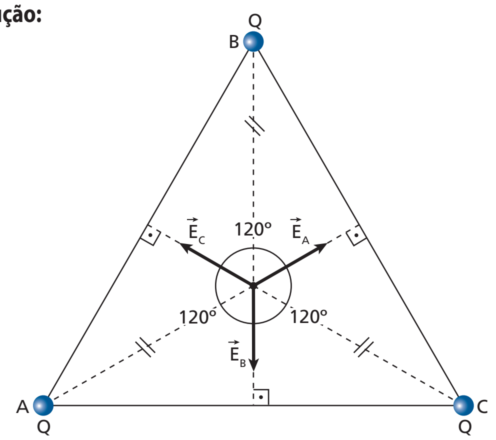
b) $\dfrac{3Q}{4\pi\varepsilon_0\ell^2}$.

c) $\dfrac{\sqrt{3}Q}{4\pi\varepsilon_0\ell}$.

d) $\dfrac{\sqrt{3}Q}{4\pi\varepsilon_0\ell^2}$.

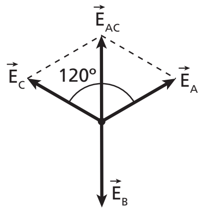
e) zero.

Resolução:



Observe que, no baricentro do triângulo equilátero, os vetores campo elétrico $\vec{E}_A$, $\vec{E}_B$ e $\vec{E}_C$ possuem intensidades iguais.

Somando-se $\vec{E}_A$ e $\vec{E}_C$, temos:



Aplicando a Lei dos Cossenos, vem:

$E_{AC}^2 = E_A^2 + E_C^2 + 2E_A E_C \cos 120°$

$E_{AC}^2 = E^2 + E^2 + 2E^2 \cdot \left(-\dfrac{1}{2}\right)$

$E_{AC}^2 = E^2 + E^2 - E^2 = E^2$

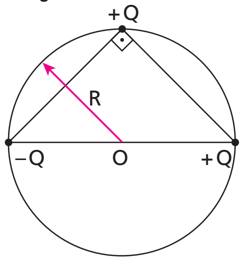
$E_{AC} = E$

Portanto:

$\boxed{\vec{E}_{AC} + \vec{E}_B = \vec{0}}$

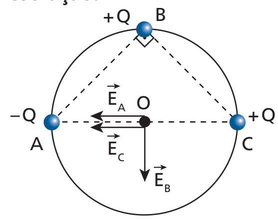
Resposta: e

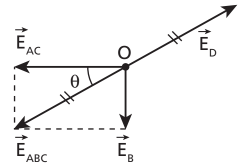
68 (UFG-GO) Nos vértices de um triângulo retângulo isósceles, inscrito numa circunferência de raio **R**, são colocadas três cargas pontuais, como mostra a figura a seguir.



Determine a posição e o valor de uma quarta carga positiva, em termos de **Q**, que deverá ser colocada sobre a linha da circunferência para que o campo elétrico no centro da mesma seja nulo. (Copie a figura indicando a posição da quarta carga positiva pedida.)

Resolução:





Atenção que:

$E_A = E_B = E_C = E$

$E_{AC} = 2E$

Portanto, usando Pitágoras, temos:

$E_{ABC}^2 = E_{AC}^2 + E_B^2$

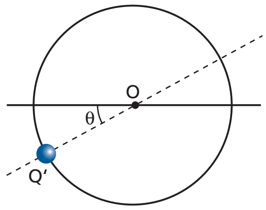
$E_{ABC}^2 = (2E)^2 + E^2 = 4E^2 + E^2 = 5E^2$

$E_{ABC} = \sqrt{5}\,E$

$K\dfrac{|Q'|}{R^2} = \sqrt{5}\,\dfrac{K\,|Q|}{R^2}$

$\boxed{Q' = \sqrt{5}\,Q}$

A posição da carga Q' é dada por:



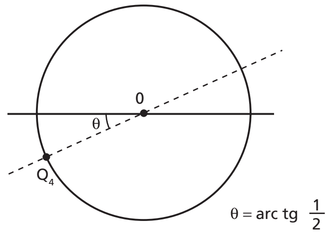
Em que:

$\text{tg}\,\theta = \dfrac{E_B}{E_{AC}} = \dfrac{E}{2E}$

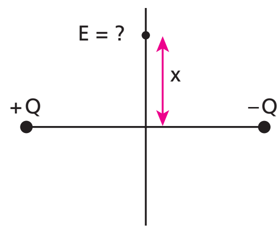
$\text{tg}\,\theta = \dfrac{1}{2}$

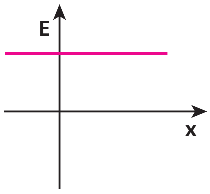
Assim: $\boxed{\theta = \text{arc tg}\,\dfrac{1}{2}}$

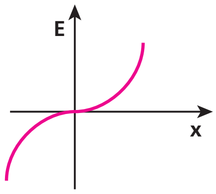
Resposta: $\sqrt{5}\,Q$

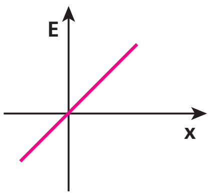


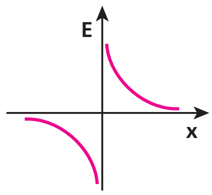
69 (PUC-MG) Escolha a opção que represente o módulo do campo elétrico produzido por duas cargas iguais, de sinais opostos, ao longo de uma reta que corta perpendicularmente, no ponto médio, o segmento que as une.

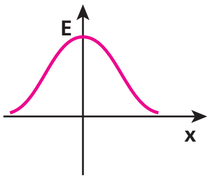


a)


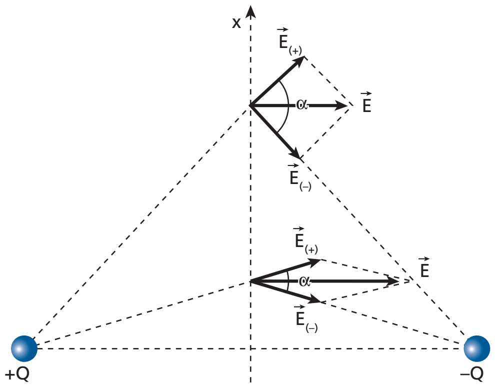
d)


b)


e)


c)


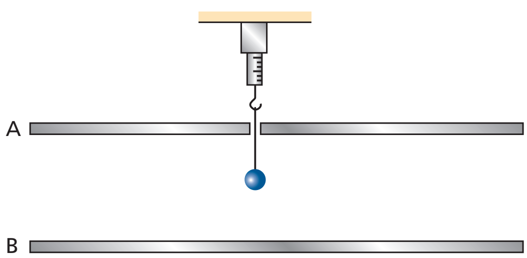
Resolução:



À medida que x cresce, o ângulo α também cresce, proporcionando uma resultante $\vec{E}$ de módulo cada vez menor. O valor máximo da resultante ocorre quando x = 0 sobre o segmento que une as cargas.

Resposta: c

70 (UFSC) Uma bolinha, carregada negativamente, é pendurada em um dinamômetro e colocada entre duas placas paralelas, carregadas com cargas de mesmo módulo, de acordo com a figura a seguir. O orifício por onde passa o fio que sustenta a bolinha não altera o campo elétrico entre as placas, cujo módulo é $4 \cdot 10^6$ N/C. O peso da bolinha é 2 N, mas o dinamômetro registra 3 N, quando a bolinha alcança o equilíbrio.

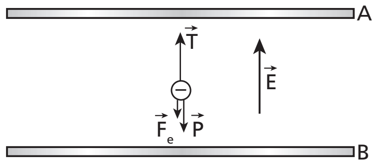


Analise as seguintes afirmações:

01. A placa **A** tem carga positiva e a **B**, negativa.
02. A placa **A** tem carga negativa e a **B**, positiva.
04. Ambas as placas têm carga positiva.
08. O módulo da carga da bolinha é de $0,25 \cdot 10^{-6}$ C.
16. O módulo da carga da bolinha é de $4,0 \cdot 10^{-6}$ C.
32. A bolinha permaneceria em equilíbrio, na mesma posição do caso anterior, se sua carga fosse positiva e de mesmo módulo.

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

Resolução:



Se a força $\vec{F}_e$ é vertical voltada para baixo, o campo elétrico entre as placas é vertical, voltado para cima. Assim, a placa **A** possui carga negativa e a placa **B**, positiva. Observe que a carga **q** é negativa.

(01) Falsa.
(02) Verdadeira.
(04) Falsa.
(08) Verdadeira.

$$F_e = |q|\, E$$

$$(3 - 2) = |q| \cdot 4 \cdot 10^6 \Rightarrow \boxed{|q| = 0,25 \cdot 10^{-6}\ \text{C}}$$

(16) Falsa.
(32) Falsa.

Portanto, a soma das alternativas corretas é 10.

Resposta: 10

71 (UnB-DF) Na região entre duas placas planas e paralelas, carregadas com cargas iguais e de sinais opostos, há um campo elétrico uniforme, de módulo igual a 4 N/C. Um elétron, de carga igual a $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, é abandonado, a partir do repouso, junto à superfície da placa carregada negativamente e atinge a superfície da placa oposta, em um intervalo de tempo de $2,0 \cdot 10^{-8}$ s. Considerando a massa do elétron igual a $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, determine, em **km/s**, a velocidade do elétron no momento em que ele atinge a segunda placa, tomando somente a parte inteira de seu resultado.

Resolução:

No campo elétrico uniforme, o movimento do elétron é MVU. Assim:

$$v = v_0 + \gamma\, t$$

Mas:

$$F = |q|\, E$$

$$m\, \gamma = |q|\, E$$

$$\gamma = \frac{|q|\, E}{m}$$

então:

$$v = 0 + \frac{|q|\, E}{m} \cdot t$$

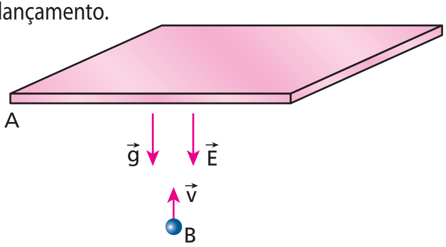
$$v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 2,0 \cdot 10^{-8}}{9,1 \cdot 10^{-31}}$$

$$v = 1,40 \cdot 10^4\ \text{m/s} = 1,40 \cdot 10\ \text{km/s}$$

$$\boxed{v = 14\ \text{km/s}}$$

Resposta: 14 km/s

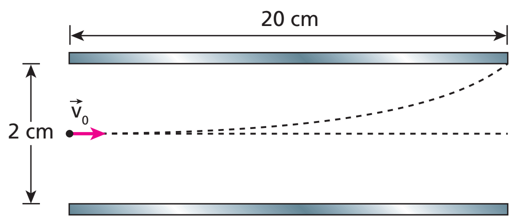
72 (UFBA) A figura abaixo representa uma placa condutora, **A**, eletricamente carregada, que gera um campo elétrico uniforme, $\vec{E}$, de módulo igual a $6 \cdot 10^4$ N/C. A bolinha **B**, de 10 g de massa e carga negativa igual a – 1 µC, é lançada verticalmente para cima, com velocidade de módulo igual a 6 m/s. Considere-se que o módulo da aceleração da gravidade local vale 10 m/s², que não há colisão entre a bolinha e a placa, e despreze-se a resistência do ar.
Determine o tempo, em segundos, necessário para a bolinha retornar ao ponto de lançamento.



Resolução:
A aceleração γ da bolinha tem módulo dado por:
$F = F_e + P$
$m\,\gamma = |q|\,E + m\,g$
$$\gamma = \frac{|q|\,E}{m} + g = \frac{1 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^4}{10 \cdot 10^{-3}} + 10$$
$\gamma = 16$ m/s²
Portanto, usando a expressão da velocidade do MUV, temos:
$v = v_0 + \gamma\,t$
$-6 = 6 - 16 \cdot t$
$16t = 12$
$\boxed{t = 0{,}75 \text{ s}}$

Resposta: 0,75 s

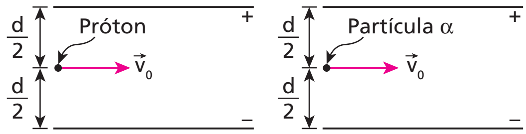
73 (UFBA) Uma partícula de carga $5{,}0 \cdot 10^{-4}$ C e massa $1{,}6 \cdot 10^{-3}$ kg é lançada com velocidade de 10^2 m/s, perpendicularmente ao campo elétrico uniforme produzido por placas paralelas de comprimento igual a 20 cm, distanciadas 2 cm entre si. A partícula penetra no campo, em um ponto equidistante das placas, e sai tangenciando a borda da placa superior, conforme representado na figura abaixo. Desprezando a ação gravitacional, determine, em 10^3 N/C, a intensidade do campo elétrico.



Resolução:
Na vertical, o movimento é uniformemente variado.
$F = F_e \Rightarrow m\,\gamma = |q|\,E$
$$\gamma = \frac{|q|\,E}{m}$$
Mas:
$$\Delta s = \frac{\gamma\,t^2}{2}$$
$$\frac{d}{2} = \frac{|q|\,E}{2m} \cdot t^2 \;\Rightarrow\; t = \sqrt{\frac{d\,m}{|q|E}}$$
Na horizontal, o movimento é uniforme.
$\Delta s = V \cdot t$
$$\Delta s = V \cdot \sqrt{\frac{d\,m}{|q|E}}$$
$$0{,}20 = 10^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-2} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-3}}{5{,}0 \cdot 10^{-4} \cdot E}}$$
$$2 \cdot 10^{-3} = \sqrt{\frac{6{,}4 \cdot 10^{-2}}{E}}$$
$E \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 6{,}4 \cdot 10^{-2}$
$E = 1{,}6 \cdot 10^4$ N/C =
$\boxed{E = 16 \cdot 10^3 \text{ N/C}}$

Resposta: 16

74 (UFRJ) Entre duas placas planas, condutoras e paralelas, carregadas com cargas de módulos iguais, mas de sinais contrários, há um campo elétrico uniforme. Um próton e uma partícula **α** penetram na região entre as placas, equidistantes delas, com a mesma velocidade $\vec{v}_0$ paralela às placas, como mostram as figuras a seguir.



Lembre-se de que a partícula **α** é o núcleo do átomo de hélio (He), constituída, portanto, por 2 prótons e 2 nêutrons. Despreze os efeitos de borda.

a) Calcule a razão $\dfrac{|\vec{a}_p|}{|\vec{a}_\alpha|}$ entre os módulos das acelerações adquiridas pelo próton ($\vec{a}_p$) e pela partícula α ($\vec{a}_\alpha$).

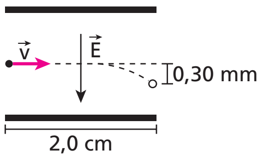
b) Calcule a razão $\dfrac{t_p}{t_\alpha}$ entre os intervalos de tempo gastos pelo próton (t_p) e pela partícula **α** (t_α) até colidirem com a placa negativa.

Resolução:
a) $F = F_e$
$$m\,a = |q|E \;\Rightarrow\; a = \frac{|q|\,E}{m}$$
Portanto:
$$\frac{a_p}{a_\alpha} = \frac{|q_p|\,m_\alpha}{|q_\alpha|\,m_p}$$
Sendo **e** a carga do próton e **m** a massa, temos:
$$\frac{a_p}{a_\alpha} = \frac{e\,4\,m}{2\,e\,m} \;\Rightarrow\; \boxed{\frac{a_p}{a_\alpha} = 2}$$

b) Na vertical as partículas possuem MUV.
$$\Delta s = \frac{a\,t^2}{2}$$
Como $\Delta s_p = \Delta s_\alpha$, temos:
$$\frac{a_p\,t_p^2}{2} = \frac{a_\alpha\,t_\alpha^2}{2}$$
$$\frac{a_p}{a_\alpha}\,t_p^2 = t_\alpha^2$$
$2\,t_p^2 = t_\alpha^2$
$$\left(\frac{t_p}{t_\alpha}\right)^2 = \frac{1}{2} \;\Rightarrow\; \boxed{\frac{t_p}{t_\alpha} = \frac{\sqrt{2}}{2}}$$

Respostas: a) 2; b) $\dfrac{\sqrt{2}}{2}$

75 (ITA-SP) Em uma impressora jato de tinta, gotas de certo tamanho são ejetadas de um pulverizador em movimento, passam por uma unidade eletrostática, onde perdem alguns elétrons, adquirindo uma carga **q**, e, a seguir, se deslocam no espaço entre placas planas paralelas eletricamente carregadas, pouco antes da impressão. Considere gotas de raio igual a 10 μm lançadas com velocidade de módulo v = 20 m/s entre placas de comprimento igual a 2,0 cm, no interior das quais existe um campo elétrico vertical uniforme, cujo módulo é $E = 8{,}0 \cdot 10^4$ N/C (veja a figura).



Considerando que a densidade da gota seja de 1 000 kg/m³ e sabendo-se que a mesma sofre um desvio de 0,30 mm ao atingir o final do percurso, o módulo da sua carga elétrica é de:

a) $2{,}0 \cdot 10^{-14}$ C.
b) $3{,}1 \cdot 10^{-14}$ C.
c) $6{,}3 \cdot 10^{-14}$ C.
d) $3{,}1 \cdot 10^{-11}$ C.
e) $1{,}1 \cdot 10^{-10}$ C.

Resolução:

1) Cálculo da massa da gota:

$$d = \frac{m}{v} \Rightarrow m = d\,v$$

$$m = d \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$m = 1000 \cdot \frac{4}{3} \cdot 3{,}14 \cdot (10 \cdot 10^{-6})^3 \text{ (kg)}$$

$$m \simeq 4{,}2 \cdot 10^{-12} \text{ kg}$$

2) O movimento horizontal da gota é **uniforme**. Assim:

$$\Delta s = v\,t$$

$$2{,}0 \cdot 10^{-2} = 20\,t$$

$$t = 1{,}0 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

3) O movimento vertical da gota é **uniformemente variado** pelo fato de ela atravessar um campo elétrico uniforme. Observe que não vamos considerar o campo gravitacional. Assim:

$$m\,a = |q|\,E \Rightarrow a = \frac{|q|\,E}{m}$$

Na queda:

$$\Delta s = \frac{a\,t^2}{2} \Rightarrow y = \frac{|q|\,E}{m} \cdot \frac{t^2}{2}$$

Para que a gota sofra a ação de uma força no sentido do campo elétrico, a sua carga deve ser **positiva**.

Portanto:

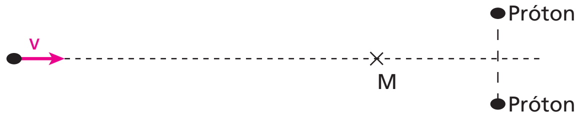
$$0{,}30 \cdot 10^{-3} = \frac{q \cdot 8{,}0 \cdot 10^4}{4{,}2 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{(1{,}0 \cdot 10^{-3})^2}{2}$$

$$\boxed{q \simeq 3{,}1 \cdot 10^{-14}\text{ C}}$$

Resposta: b

76 (UFPE) Uma partícula carregada, cuja energia cinética no infinito era $3{,}2 \cdot 10^{-21}$ J, desloca-se, ao longo da trajetória tracejada, sujeita à repulsão coulombiana devida aos dois prótons fixados nas posições indicadas na figura. Essas forças de repulsão são as únicas forças relevantes que atuam sobre a partícula. Ao atingir o ponto **M**, a velocidade da partícula anula-se e ela retorna no sentido oposto ao incidente. Quando a partícula está no ponto **M**, qual o aumento, em relação à situação inicial, da energia potencial armazenada no sistema das três cargas, em meV (10^{-3} eV)?

Dado: $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C



Resolução:

As forças de repulsão são conservativas (forças de campo). Assim, a energia cinética transforma-se em potencial. Portanto, estando a partícula em repouso em **M**, temos:

$$\Delta E_p = \Delta E_c = 3{,}2 \cdot 10^{-21} \text{ J}$$

Como $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, temos:

$$\Delta E_p = \frac{3{,}2 \cdot 10^{-21}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} \text{ eV}$$

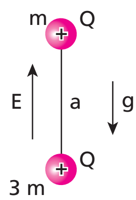
$$\Delta E_p = 2{,}0 \cdot 10^{-2} \text{ eV}$$

$$\Delta E_p = 20 \cdot 10^{-3} \text{ eV}$$

$$\boxed{\Delta E_p = 20 \text{ meV}}$$

Resposta: 20 meV

77 (Unesp-SP) Duas pequenas esferas de material plástico, com massas **m** e 3 **m**, estão conectadas por um fio de seda inextensível de comprimento **a**. As esferas estão eletrizadas com cargas iguais a +Q, desconhecidas inicialmente. Elas se encontram no vácuo, em equilíbrio estático, em uma região com campo elétrico uniforme **E**, vertical, e aceleração da gravidade **g**, conforme ilustrado na figura.



Considerando que, no Sistema Internacional (SI) de unidades, a força elétrica entre duas cargas q_1 e q_2, separadas por uma distância **d**, é dada por $k\frac{q_1 q_2}{d^2}$, calcule:

a) a carga **Q**, em termos de **g**, **m** e **E**.
b) a tração no fio, em termos de **m**, **g**, **a**, **E** e **k**.

Resolução:

a) No equilíbrio, temos:

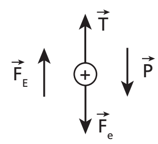
$$F_E = P$$

$$Q\,E + Q\,E = (m + 3\,m)\,g$$

$$2Q\,E = 4\,m\,g$$

$$\boxed{Q = \frac{2\,m\,g}{E}}$$

b) Na partícula de massa 3 m:



Assim:

$$T + F_E = F_e + P$$

$$T + Q\,E = k\frac{Q\,Q}{a^2} + 3\,m\,g$$

$$T = \frac{k}{a^2} \cdot Q^2 - QE + 3\,m\,g$$

$$T = \frac{k}{a^2}\left(\frac{2\,m\,g}{E}\right)^2 - \frac{2\,m\,g}{E} \cdot E + 3\,m\,g$$

$$T = \frac{k\,4\,m^2\,g^2}{a^2\,E^2} - 2\,m\,g + 3\,m\,g$$

$$\boxed{T = \frac{4\,k\,m^2\,g^2}{a^2\,E^2} + m\,g}$$

Respostas: a) $\frac{2\,m\,g}{E}$; b) $\frac{4\,k\,m^2\,g^2}{a^2\,E^2} + m\,g$

78 Um pêndulo cuja haste mede 1 metro e cuja massa pendular é igual a 100 gramas, oscila em uma região onde o campo gravitacional vale 9,0 m/s².

a) Qual o período de oscilação desse pêndulo?

Agora é gerado nesse local um campo elétrico uniforme, vertical para baixo, de intensidade 200 N/C. A massa pendular é condutora e eletrizada com carga +3,5 μC. A haste é constituída de material isolante.

b) Qual o novo período de oscilação do pêndulo?

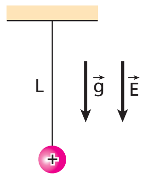
Dado: $\pi = 3$

Resolução:

a) $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}$

$$T = 2 \cdot 3\sqrt{\frac{1}{9{,}0}} \Rightarrow \boxed{T = 2{,}0\ \text{s}}$$

b)



$F = F_e + P$

$m\,a = |q|\,E + m\,g$

$a = \dfrac{|q|\,E}{m} + g$

$a = \dfrac{3{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 200}{0{,}100} + 9{,}0$

$a = 7{,}0 + 9{,}0$

$a = 16\ \text{m/s}^2$

Portanto:

$T' = 2\pi\sqrt{\dfrac{L}{a}}$

$T' = 2 \cdot 3\sqrt{\dfrac{1}{16}} \Rightarrow T' = \dfrac{2 \cdot 3}{4}$

$\boxed{T' = 1{,}5\ \text{s}}$

Respostas: a) 2,0 s; b) 1,5 s

79 (Olimpíada Paulista de Física) Um pêndulo simples é constituído com um fio ideal de material isolante de comprimento 1,0 m e uma esfera metálica de massa m = 1,0 · 10⁴ kg carregada com uma carga elétrica de 3,0 · 10⁻⁵ C. Esse pêndulo, sofrendo a ação exclusiva da gravidade local (g = 10,0 m/s²), oscila com um período **P**. Depois que um campo elétrico uniforme é aplicado verticalmente em todo o espaço que envolve o pêndulo, o período passa a 2 P. Identifique o módulo, a direção e o sentido do campo elétrico aplicado.

Resolução:

Período de um pêndulo simples:

$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}$

1) Sem campo elétrico:

$$P = 2\pi\sqrt{\frac{1{,}0}{10}} \quad \text{(I)}$$

2) Com campo elétrico:

$$2P = 2\pi\sqrt{\frac{1{,}0}{g_{ap}}} \quad \text{(II)}$$

O g_{ap} é devido às ações dos campos gravitacional e elétrico.

Substituindo (I) em (II):

$2\left(\dfrac{2\pi}{\sqrt{10}}\right) = \dfrac{2\pi}{\sqrt{g_{ap}}}$

$\dfrac{2}{\sqrt{10}} = \dfrac{1}{\sqrt{g_{ap}}}$

$\dfrac{4}{10} = \dfrac{1}{g_{ap}}$

$g_{ap} = 2{,}5\ \text{m/s}^2$

Assim:

$g_{ap} = g - a$

$2{,}5 = 10 - a$

$a = 7{,}5\ \text{m/s}^2$

Portanto:

$F = F_e$

$m\,a = |q|\,E$

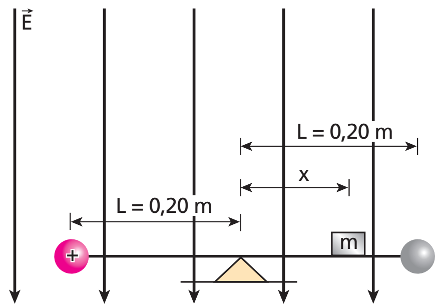
$1{,}0 \cdot 10^4 \cdot 7{,}5 = 3{,}0 \cdot 10^{-5} \cdot E$

$\boxed{E = 2{,}5 \cdot 10^9\ \text{N/C}}$

A direção do campo elétrico é vertical e seu sentido, de baixo para cima.

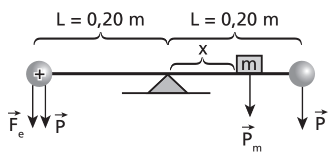
Resposta: 2,5 · 10⁹ N/C vertical; de baixo para cima

80 (UFMG) A figura mostra uma balança na superfície da Terra (g = 10 m/s²) colocada em uma região onde existe um campo elétrico uniforme de intensidade E = 2,0 · 10⁶ N/C. Nas extremidades do braço isolante da balança existem duas esferas metálicas de massas iguais. A esfera do lado esquerdo tem uma carga positiva q = 3,0 · 10⁻¹⁰ C, e a esfera do lado direito é eletricamente neutra. Do lado direito do braço, a uma distância **x** do ponto de apoio, está um corpo de massa m = 0,10 g. O comprimento de cada lado do braço da balança é L = 0,20 m.



Calcule o valor do comprimento **x** na situação de equilíbrio.

Resolução:



Aplicando-se a condição de equilíbrio, temos:

$(F_e + P)L = P_m \cdot x + P\,L$

$F_e\,L + P\,L = P_m\,x + P\,L$

$F_e\,L = P_m\,x$

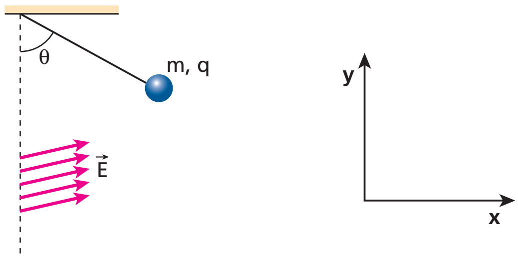
$|q|\,E\,L = m\,g\,x$

$3{,}0 \cdot 10^{-10} \cdot 2{,}0 \cdot 10^6 \cdot 0{,}20 = 0{,}10 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot x$

$\boxed{x = 0{,}12\ \text{m}}$

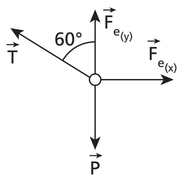
Resposta: 0,12 m

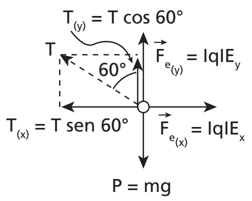
81 (ITA-SP) Uma esfera homogênea de carga **q** e massa **m** de 2 g está suspensa por um fio de massa desprezível em um campo elétrico cujas componentes **x** e **y** têm intensidades $E_x = \sqrt{3} \cdot 10^5$ N/C e $E_y = 1 \cdot 10^5$ N/C, respectivamente, como mostra a figura abaixo. Considerando que a esfera está em equilíbrio para θ = 60°, qual é a força de tração no fio? (g = 10 m/s²)



a) $9{,}80 \cdot 10^{-3}$ N.
b) $1{,}96 \cdot 10^{-2}$ N.
c) nula.
d) $1{,}70 \cdot 10^{-3}$ N.
e) $7{,}17 \cdot 10^{-3}$ N.

Resolução:
Na esfera, temos:





No eixo **x**, temos:

$F_{e(x)} = T_{(x)}$

$|q|\,E_x = T \text{ sen } 60°$

$q \cdot \sqrt{3} \cdot 10^5 = T \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$

$T = 2 \cdot 10^5\, q$ (I)

No eixo **y**, temos:

$P = F_{e(y)} + T_{(y)}$

$m\,g = |q|\,E_y + T \cos 60°$

$2 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}8 = q \cdot 10^5 + T \cdot \frac{1}{2}$

Usando I, vem:

$1{,}96 \cdot 10^{-2} = q \cdot 10^5 + \frac{2 \cdot 10^5\, q}{2}$

$1{,}96 \cdot 10^{-2} = q \cdot 10^5 + q \cdot 10^5$

$1{,}96 \cdot 10^{-2} = 2q10^5$

$q = 9{,}8 \cdot 10^{-8}$

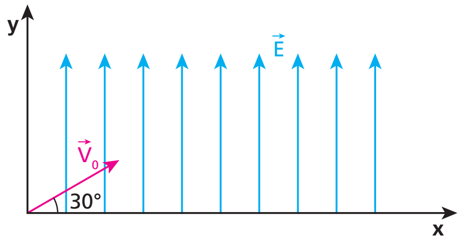
Em I, temos:

$T = 2 \cdot 10^5 \cdot 9{,}8 \cdot 10^{-8}$

$\boxed{T = 1{,}96 \cdot 10^{-2}\text{ N}}$

Resposta: b

82 (ITA-SP) No instante t = 0 s, um elétron é projetado em um ângulo de 30° em relação ao eixo **x**, com velocidade v_0 de $4 \cdot 10^5$ m/s, conforme o esquema abaixo.



Considerando que o elétron se move num campo elétrico constante E = 100 N/C, o tempo que o elétron levará para cruzar novamente o eixo **x** é de:

Dados: $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C; $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg.

a) 10 ns.
b) 15 ns.
c) 23 ns.
d) 12 ns.
e) 18 ns.

Resolução:
A aceleração do elétron é devida a uma força elétrica e tem a mesma direção e sentido oposto ao do campo elétrico $\vec{E}$. O módulo da aceleração é dado por:

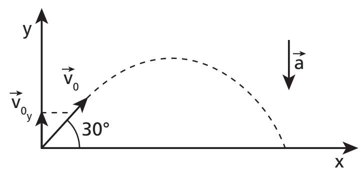
$F = F_e$

$m\,a = |q|\,E$

$a = \frac{|q|\,E}{m} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 100}{9{,}1 \cdot 10^{-31}}$

$a = 17{,}6 \cdot 10^{12}$ m/s²

O movimento do elétron é um movimento balístico, valendo:



$v_{0_y} = v_0 \text{ sen } 30°$

$v_{0_y} = \frac{v_0}{2}$

Na vertical, temos um MUV:

$v = v_0 + \gamma t$

$-\frac{v_0}{2} = \frac{v_0}{2} - a\,t$

$a\,t = v_0 \Rightarrow 17{,}6 \cdot 10^{12}\, t = 4 \cdot 10^5$

$t = 0{,}23 \cdot 10^{-7}\text{ s} = 23 \cdot 10^{-9}\text{ s}$

$\boxed{t = 23\text{ ns}}$

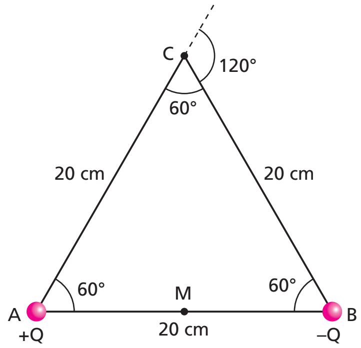
Resposta: c

83 Em uma região do espaço, isenta da ação de massas e cargas elétricas, imagine um triângulo equilátero ABC, de lado igual a 20 cm. Agora, no vértice **A**, vamos colocar uma partícula eletrizada com carga +1,0 nC e, no vértice **B**, outra partícula de carga –1,0 nC. Determine o módulo do vetor campo elétrico resultante nos pontos:

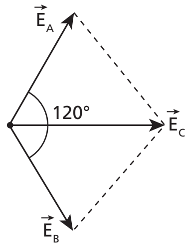
a) **C**, terceiro vértice do triângulo;
b) **M**, ponto médio da base AB do triângulo;
c) **N**, ponto simétrico de **M** em relação ao vértice **A** do triângulo.

Dado: $K = 9 \cdot 10^9$ (SI)

Resolução:



a) Em **C**:



$\vec{E}_C = \vec{E}_A + \vec{E}_B$

Como: $E_A = E_B = K\dfrac{|Q|}{d^2}$

$E_A = E_B = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{1 \cdot 10^{-9}}{(0{,}20)^2}$

$E_A = E_B = 225$ N/C

Então, aplicando a Lei dos Cossenos, temos:

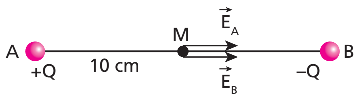
$E_C^2 = E_A^2 + E_B^2 + 2E_A\, E_B \cos 120°$

$E_C^2 = E_A^2 + E_A^2 + 2\,E_A^2\left(-\dfrac{1}{2}\right)$

$E_C^2 = E_A^2 + E_A^2 - E_A^2 = E_A^2$

$\boxed{E_C = E_A = 225 \text{ N/C}}$

b) Em **M**:



$\vec{E}_M = \vec{E}_A + \vec{E}_B$

Como: $E_A = E_B$

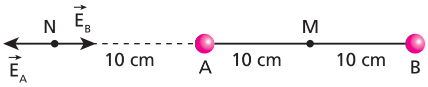
então: $E_M = E_A + E_B = 2E_A$

$E_M = 2K\dfrac{|Q|}{d^2}$

$E_M = 2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{1 \cdot 10^{-9}}{(0{,}10)^2}$

$\boxed{E_M = 1\,800 \text{ N/C}}$

c)



$\vec{E}_N = \vec{E}_A + \vec{E}_B$

Então:

$E_N = E_A - E_B$

$E_N = K\dfrac{|Q|}{d_A^2} - K\dfrac{|Q|}{d_B^2}$

$E_N = \dfrac{9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-9}}{(0{,}10)^2} - \dfrac{9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-9}}{(0{,}30)^2}$

$E_N = 900 - 100$

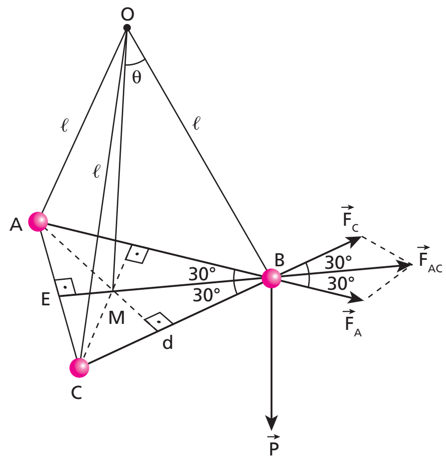
$\boxed{E_N = 800 \text{ N/C}}$

Respostas: a) 225 N/C; b) 1 800 N/C; c) 800 N/C

84 Três pêndulos elétricos idênticos são pendurados em um mesmo ponto **O**. O comprimento de cada haste é igual a ℓ e o peso da massa pendular é igual a **P**. Cada um deles é eletrizado com carga **Q** positiva. Na configuração de equilíbrio, a haste de cada pêndulo faz com a vertical, que passa por **O**, um ângulo θ. Determine o valor de **Q** em função dos dados do problema.

Dado: constante eletrostática do meio = K

Resolução:



$F_A = F_C = K\dfrac{|Q \cdot Q|}{d^2}$

$F_A = K\dfrac{Q^2}{d^2} \Rightarrow Q = d\sqrt{\dfrac{F_A}{K}}$ (I)

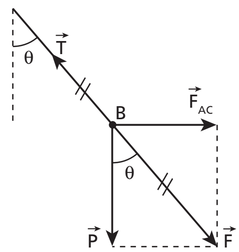
Usando a Lei dos Cossenos, temos:

$F_{AC}^2 = F_A^2 + F_C^2 + 2F_A\, F_C \cos 60°$

$F_{AC}^2 = F_A^2 + F_A^2 + 2F_A^2\left(\dfrac{1}{2}\right)$

$F_{AC}^2 = 3F_A^2 \Rightarrow F_{AC} = F_A\sqrt{3}$ (II)

Em **B**, temos:



$\text{tg}\,\theta = \dfrac{F_{AC}}{P}$

$F_{AC} = P\,\text{tg}\,\theta \qquad \text{(III)}$

Juntando (II) e (III), vem:

$F_A\sqrt{3} = P\,\text{tg}\,\theta \Rightarrow F_A = \dfrac{P\,\text{tg}\,\theta}{\sqrt{3}} \qquad \text{(IV)}$

Na figura, podemos observar que o triângulo ABC é equilátero e o ponto **M** é o encontro das alturas. Assim:

$\overline{BM} = \dfrac{2}{3}\overline{BE}$

Mas, no triângulo BEC, temos:

$\cos 30° = \dfrac{\overline{BE}}{d} \Rightarrow \overline{BE} = d \cos 30° = d\dfrac{\sqrt{3}}{2}$

Então:

$\overline{BM} = \dfrac{\sqrt{3}\,d}{3} \qquad \text{(V)}$

No triângulo OMB, temos:

$\text{sen}\,\theta = \dfrac{\overline{BM}}{\ell} \Rightarrow \overline{BM} = \ell\,\text{sen}\,\theta$

Usando (V), vem:

$\ell\,\text{sen}\,\theta = \dfrac{\sqrt{3}\,d}{3} \Rightarrow d = \sqrt{3}\,\ell\,\text{sen}\,\theta$

Portanto, em (I), temos:

$Q = \sqrt{3}\,\ell\,\text{sen}\,\theta\sqrt{\dfrac{P\,\text{tg}\,\theta}{\sqrt{3}\cdot K}} \Rightarrow Q = \ell\,\text{sen}\,\theta\sqrt{\dfrac{3\,P\,\text{tg}\,\theta}{\sqrt{3}\cdot K}}$

$\boxed{Q = \ell\,\text{sen}\,\theta\sqrt{\dfrac{\sqrt{3}\,P\,\text{tg}\,\theta}{K}}}$

Resposta: $Q = \ell\,\text{sen}\,\theta\sqrt{\dfrac{\sqrt{3}\,P\,\text{tg}\,\theta}{K}}$

85 (IME-RJ) Um corpo de massa m_1 está preso a um fio e descreve uma trajetória circular de raio $\dfrac{1}{\pi}$ m. O corpo parte do repouso em $\theta = 0°$ (figura **a**) e se movimenta numa superfície horizontal sem atrito, sendo submetido a uma aceleração angular $\alpha = \dfrac{6\pi}{5}$ rad/s². Em $\theta = 300°$ (figura **b**) ocorre uma colisão com um outro corpo de massa m_2 inicialmente em repouso. Durante a colisão o fio é rompido e os dois corpos saem juntos tangencialmente à trajetória circular inicial do primeiro. Quando o fio é rompido, um campo elétrico **E** (figura **b**) é acionado e o conjunto, que possui carga total +Q, sofre a ação da força elétrica. Determine a distância **d** em que deve ser colocado um anteparo para que o conjunto colida perpendicularmente com o mesmo.

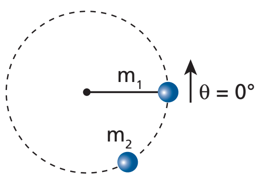


Figura a

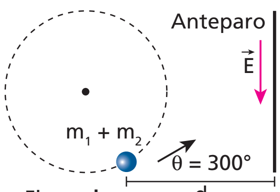


Figura b

Resolução:

1) O corpo m_1 desloca-se em movimento acelerado entre $\theta = 0°$ e $\theta = 300°$. Assim, usando-se a Equação de Torricelli (angular), temos:

$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\Delta\theta$

$\omega^2 = 0 + 2\cdot\dfrac{6\pi}{5}\cdot\dfrac{5\pi}{3}$

$\omega^2 = 4\pi^2$

$\omega = 2\pi$ rad/s

Como: $v = \omega R$, então:

$v_1 = 2\pi\cdot\dfrac{1}{\pi}$

$v_1 = 2$ m/s

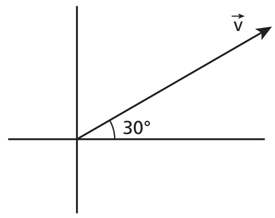
2) Na colisão inelástica total, entre m_1 e m_2, vem:

$\vec{Q}_{antes} = \vec{Q}_{depois}$

$m_1 v_1 = (m_1 + m_2)v$

$v = \dfrac{m_1}{(m_1 + m_2)}\cdot 2$

3) O conjunto $(m_1 + m_2)$ fica sob a ação do campo elétrico, após o fio arrebentar.



4) Na direção **y** (onde existe o campo $\vec{E}$), temos MUV:

$v = v_0 + \gamma t$

Sendo: $v_0 = v \text{ sen } 30°$

$F = -q\,E \Rightarrow \gamma = -\dfrac{q\,E}{(m_1 + m_2)}$

Em **P**, $v_y = 0$, vem:

$0 = \dfrac{2m_1}{(m_1 + m_2)}\cdot\dfrac{1}{2} - \dfrac{q\,E}{(m_1 + m_2)}\cdot t$

$t\dfrac{q\,E}{(m_1 + m_2)} = \dfrac{m_1}{(m_1 + m_2)}$

$t = \dfrac{m_1}{q\,E}$

5) Na direção **x** (MU), temos:

$d = v_x \cdot t$

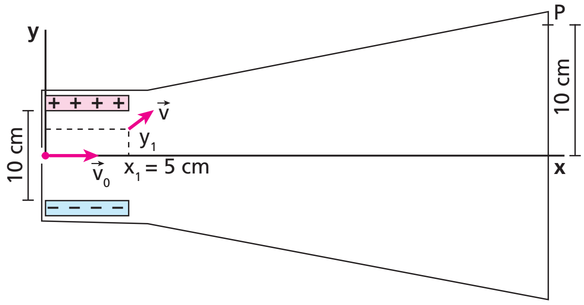
$d = v\,(\cos\theta)\cdot t$

$d = \dfrac{2\,m_1}{(m_1 + m_2)}\cdot\dfrac{\sqrt{3}}{2}\cdot\dfrac{m_1}{q\,E}$

$\boxed{d = \dfrac{m_1^2\sqrt{3}}{(m_1 + m_2)\,E\,Q}}$

Resposta: $d = \dfrac{m_1^2\sqrt{3}}{(m_1 + m_2)\,E\,Q}$

86 (Vunesp-FMCA-SP) Uma carga elétrica $q = 0,1\ \mu C$ de massa $m = 10^{-6}$ kg é lançada com velocidade $v_0 = 1,0\cdot 10^3$ m/s em uma região de campo elétrico uniforme gerado por duas placas planas e paralelas, distantes 10 cm uma da outra. A carga sai dessa região em um ponto de coordenadas $x_1 = 5$ cm e $y_1 = 2,5$ cm e atinge o ponto **P** em um anteparo situado 10 cm acima do eixo horizontal do tubo.



Desprezando-se ações gravitacionais, pede-se:
a) o módulo do vetor campo elétrico nessa região;
b) a velocidade com que a carga **q** chega ao ponto **P**.

Resolução:
a) Entre as placas existe um campo elétrico. Assim, o movimento da partícula é um movimento balístico.
1) Na horizontal (MU):
$d = v \cdot \Delta t$
$5{,}0 \cdot 10^{-2} = 1{,}0 \cdot 10^3 \, \Delta t$
$\Delta t = 5{,}0 \cdot 10^{-5}$ s

2) Na vertical (MUV):
$\Delta s = v_0 t + \frac{\gamma t^2}{2}$
$2{,}5 \cdot 10^{-2} = \frac{\gamma \cdot (5{,}0 \cdot 10^{-5})^2}{2}$
$5{,}0 \cdot 10^{-2} = \gamma \cdot 25{,}0 \cdot 10^{-10}$
$\gamma = a = 2{,}0 \cdot 10^7$ m/s
Portanto:
$F_e = F$
$|q| \, E = ma$
$0{,}1 \cdot 10^{-6} \, E = 10^{-6} \cdot 2{,}0 \cdot 10^7$
$\boxed{E = 2{,}0 \cdot 10^8 \text{ N/C}}$

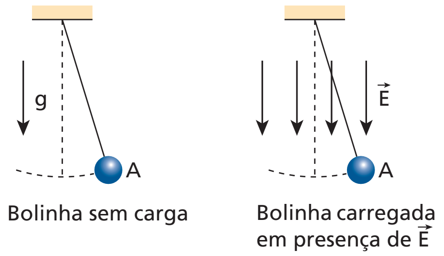
b) Fora das placas, a partícula fica isenta da ação de campos (elétrico e gravitacional). Assim, seu movimento é retilíneo e uniforme até o ponto **P**.
Portanto, em y_1 e em **P**, a velocidade tem a mesma intensidade.
1) Na vertical (entre as placas) (MUV):
$v = v_0 + \gamma t$
$v_y = 0 + 2{,}0 \cdot 10^7 \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-5}$
$v_y = 1{,}0 \cdot 10^3$ m/s

2) Na horizontal:
$v_x = v_0 = 1{,}0 \cdot 10^3$ m/s

3) Por Pitágoras:
$v^2 = v_x^2 + v_y^2$
$v^2 = (1{,}0 \cdot 10^3)^2 + (1{,}0 \cdot 10^3)^2$
$v^2 = 1{,}0 \cdot 10^6 + 1{,}0 \cdot 10^6 = 2{,}0 \cdot 10^6$
$\boxed{v = \sqrt{2{,}0} \cdot 10^3 \text{ m/s}}$

Respostas: a) $2{,}0 \cdot 10^8$ N/C; b) $\sqrt{2{,}0} \cdot 10^3$ m/s

87 (Fuvest-SP) Um certo relógio de pêndulo consiste em uma pequena bola, de massa M = 0,1 kg, que oscila presa a um fio. O intervalo de tempo que a bolinha leva para, partindo da posição **A**, retornar a essa mesma posição é seu período T_0, que é igual a 2 s. Nesse relógio, o ponteiro dos minutos completa uma volta (1 hora) a cada 1 800 oscilações completas do pêndulo.



Estando o relógio em uma região em que atua um campo elétrico $\vec{E}$, constante e homogêneo, e a bola carregada com carga elétrica **Q**, seu período será alterado, passando a T_Q. Considere a situação em que a bolinha esteja carregada com carga $Q = 3 \cdot 10^{-5}$ C, em presença de um campo elétrico cujo módulo $E = 1 \cdot 10^5$ V/m. (Usar: $g = 10$ m/s².)
Então, determine:
a) a intensidade da força efetiva F_e, em **N**, que age sobre a bola carregada;
b) a razão $R = \frac{T_Q}{T_0}$ entre os períodos do pêndulo, quando a bola está carregada e quando não tem carga;
c) a hora que o relógio estará indicando, quando forem de fato três horas da tarde, para a situação em que o campo elétrico tiver passado a atuar a partir do meio-dia.

Note e adote:
Nas condições do problema, o período **T** do pêndulo pode ser expresso por
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\text{massa} \cdot \text{comprimento do pêndulo}}{F_e}}$$
em que F_e é a força vertical efetiva que age sobre a massa, sem considerar a tensão do fio.

Resolução:
a) $F_e = m\,g + Q\,E$
$F_e = 0{,}1 \cdot 10 + 3 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot 10^5$
$\boxed{F_e = 4 \text{ N}}$

b) $R = \frac{T_Q}{T_0} = \frac{2\pi \sqrt{\frac{m \cdot \ell}{F_e}}}{2\pi \sqrt{\frac{m \cdot \ell}{mg}}}$

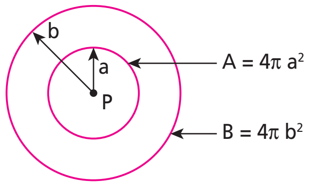
$R = \sqrt{\frac{mg}{F_e}} = \sqrt{\frac{0{,}1 \cdot 10}{4}} = \sqrt{\frac{1}{4}}$

$\boxed{R = \frac{1}{2}}$

c) No item **b**, vimos que:
$R = \frac{T_Q}{T_0} = \frac{1}{2}$
$T_Q = \frac{T_0}{2}$
O novo período (T_Q) passa a ser a metade de T_0. Isso indica que o relógio “anda” o dobro, isto é, marca 2 minutos quando, na verdade, passou 1 minuto.
Assim, das 12 às 15 horas o relógio marca um tempo de 6 horas (o dobro do real).
$\boxed{t = 6 \text{ h (da tarde)}}$

Respostas: a) 4N; b) $\frac{1}{2}$; c) 6 h (da tarde)

88 (ITA-SP) Uma carga puntual **P** é mostrada na figura adiante com duas superfícies gaussianas **A** e **B**, de raios **a** e **b** = 2 a, respectivamente. Sobre o fluxo elétrico que passa pelas superfícies de áreas **A** e **B**, pode-se concluir que:



a) o fluxo elétrico que atravessa a área **B** é duas vezes maior que o fluxo que passa pela área **A**.
b) o fluxo elétrico que atravessa a área **B** é a metade do fluxo que passa pela área **A**.
c) o fluxo elétrico que atravessa a área **B** é $\frac{1}{4}$ do fluxo que passa pela área **A**.
d) o fluxo elétrico que atravessa a área **B** é quatro vezes maior que o fluxo que passa pela área **A**.
e) o fluxo elétrico que atravessa a área **B** é igual ao fluxo que atravessa a área **A**.

Resolução:
De acordo com o Teorema de Gauss:

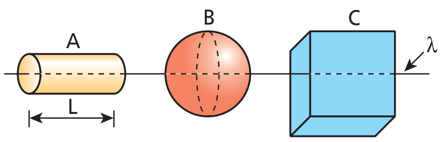
$$\phi_{total} = \frac{Q_{interna}}{\epsilon}$$

Como as duas superfícies **A** e **B** envolvem a mesma carga interna **Q**, temos:

$$\boxed{\phi_{total_{(A)}} = \phi_{total_{(B)}}}$$

Resposta: e

89 (ITA-SP) Um fio de densidade linear de carga positiva **λ** atravessa três superfícies fechadas **A**, **B** e **C** de formas, respectivamente, cilíndrica, esférica e cúbica, como mostra a figura. Sabe-se que **A** tem comprimento L = diâmetro de B = comprimento de um lado de **C** e que o raio da base de **A** é a metade do raio da esfera **B**. Sobre o fluxo do campo elétrico, **ϕ**, através de cada superfície fechada, pode-se concluir que:



a) $\phi_A = \phi_B = \phi_C$
b) $\phi_A > \phi_B > \phi_C$
c) $\phi_A < \phi_B < \phi_C$
d) $\frac{\phi_A}{2} = \phi_B = \phi_C$
e) $\phi_A = 2\,\phi_B = \phi_C$

Resolução:
Teorema de Gauss:

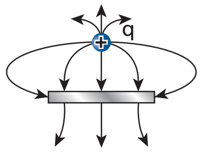
$$\phi_{total} = \frac{Q_{interna}}{\epsilon}$$

Observando que o comprimento do fio no interior das três superfícies é o mesmo: $L_A = L_B = L_C$, então, temos cargas internas iguais no interior das três superfícies. Assim:

$$\boxed{\phi_{total_{(A)}} = \phi_{total_{(B)}} = \phi_{total_{(C)}}}$$

Resposta: a

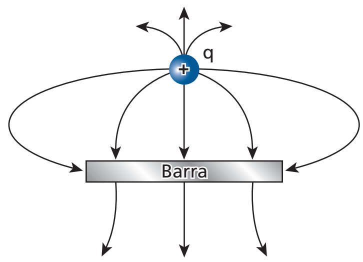
90 (ITA-SP) A figura mostra uma carga positiva **q** puntiforme próxima de uma barra de metal. O campo elétrico nas vizinhanças da carga puntiforme e da barra está representado pelas linhas de campo mostradas na figura.



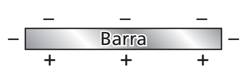
Sobre o módulo da carga da barra $|Q_{bar}|$, comparativamente ao módulo da carga puntiforme positiva $|\,\mathbf{q}\,|$, e sobre a carga líquida da barra Q_{bar}, respectivamente, pode-se concluir que:

a) $|Q_{bar}| > |q|$ e $Q_{bar} > 0$.
b) $|Q_{bar}| < |q|$ e $Q_{bar} < 0$.
c) $|Q_{bar}| = |q|$ e $Q_{bar} = 0$.
d) $|Q_{bar}| > |q|$ e $Q_{bar} < 0$.
e) $|Q_{bar}| < |q|$ e $Q_{bar} > 0$.

Resolução:



Pela configuração das linhas de força na barra, temos:



A carga total na barra é negativa:

$$\boxed{Q_{bar} < 0}$$

Do Teorema de Gauss, temos:

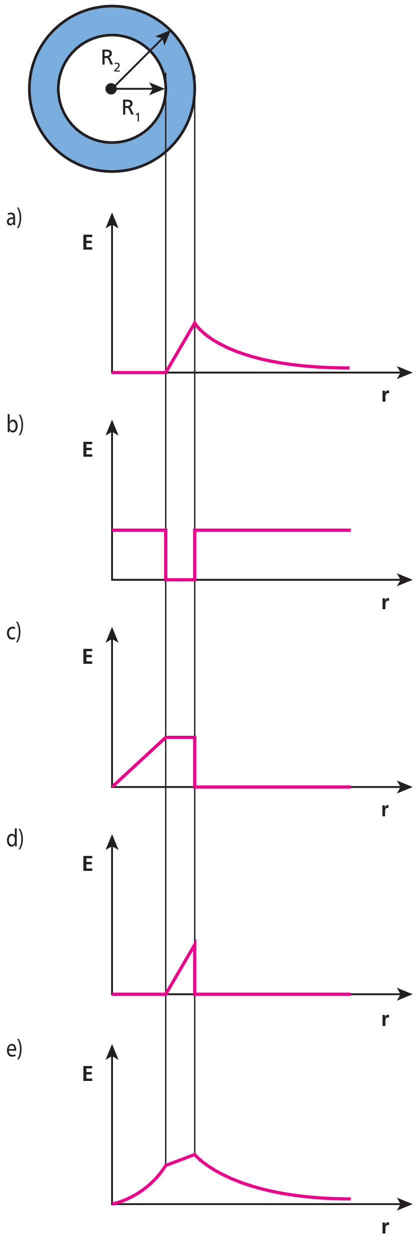
$Q_i = \phi_{total} \cdot \varepsilon$

Considerando superfícies gaussianas envolvendo a carga **q** e a barra, notamos que o fluxo total (**ϕ**) é maior na gaussiana que envolve a carga **q**.

Assim: $\boxed{|Q_{bar}| < |q|}$

Resposta: b

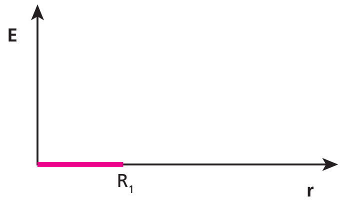
91 Uma camada esférica isolante de raio interno R_1 e raio externo R_2, conforme mostra a figura, é eletrizada uniformemente. O gráfico que melhor representa a variação do campo elétrico $|\vec{E}|$ ao longo de uma direção radial, é:



Resolução:

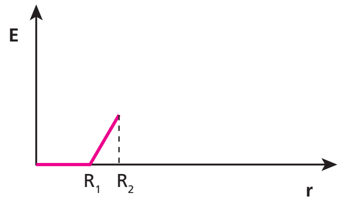
Para $0 \leqslant r \leqslant R_1$

$E = 0$



Para $R_1 \leqslant r \leqslant R_2$

Q_i varia de maneira uniforme com o aumento do raio **r**.



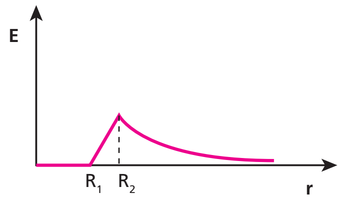
Para $r > R_2$

Q_i se mantém constante.

$$E \cdot A = \frac{Q_i}{\epsilon}$$

$$E = \frac{Q_i}{4\pi\, r^2 \epsilon} \Rightarrow E = \frac{Q_i}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{1}{r^2}$$

A intensidade de $\vec{E}$ diminui na razão inversa do quadrado do raio **r**.



Resposta: a

Tópico 3

1 Examine as afirmativas a seguir:

I. Se **F** é a intensidade da força eletrostática que atua sobre uma carga **q** colocada em certo ponto, o produto **F q** representa a intensidade do campo elétrico nesse ponto.

II. O vetor campo elétrico em um ponto tem sempre a mesma direção e o mesmo sentido da força que atua sobre uma carga positiva colocada nesse ponto.

III. O potencial elétrico é uma grandeza vetorial, cuja intensidade obedece à lei do inverso do quadrado das distâncias.

IV. O potencial elétrico é uma grandeza escalar e corresponde à energia potencial elétrica adquirida por unidade de carga colocada em um ponto de um campo elétrico.

Para a resposta, use o código a seguir:

a) Se somente I e II estiverem corretas.
b) Se somente II e IV estiverem corretas.
c) Se somente I e III estiverem corretas.
d) Se todas estiverem corretas.
e) Se todas estiverem incorretas.

Resolução:

I. Incorreta.
$F = |q| \cdot E$

$$\boxed{E = \frac{F}{|q|}}$$

II. Correta.

III. Incorreta.
Potencial elétrico é grandeza escalar.

IV. Correta.

Resposta: b

2 (FGV-SP) Com respeito à eletrostática, analise:

I. Tomando-se a mesma carga elétrica, isolada de outra qualquer, entre os módulos do campo elétrico e do potencial elétrico em um mesmo ponto do espaço, o primeiro sofre uma diminuição mais rápida que o segundo conforme se aumenta a distância até a carga.

II. Comparativamente, a estrutura matemática do cálculo da força elétrica e da força gravitacional são idênticas. Assim como as cargas elétricas estão para as massas, o campo elétrico está para a aceleração da gravidade.

III. Uma diferença entre os conceitos de campo elétrico resultante e potencial elétrico resultante é que o primeiro se obtém vetorialmente, enquanto o segundo é obtido por uma soma aritmética de escalares.

É correto o contido em:

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

Resolução:

I. Correto

$$\begin{cases} E = K\dfrac{|Q|}{d^2} \\ |\nu| = K\dfrac{|Q|}{d} \end{cases}$$

Como a distância **d** entre o ponto e a carga elétrica está elevada ao quadrado na expressão do campo, podemos afirmar que o módulo do campo elétrico diminui mais rápido do que o módulo do potencial quando **d** aumenta.

II. Correto

$$|\vec{F}_e| = K\frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$$

$$|\vec{F}_G| = G\frac{M\,m}{d^2}$$

A estrutura matemática é a mesma para o cálculo de $|\vec{F}_e|$ e $|\vec{F}_G|$

Atenção que:

$$|\vec{E}| = K\frac{|Q|}{d^2}$$

$$|\vec{g}| = G\frac{M}{d^2}$$

III. Correto
Campo elétrico é grandeza vetorial e potencial elétrico é grandeza escalar.

Resposta: e

3 E.R. Uma região isolada da ação de cargas elétricas recebe uma partícula eletrizada com carga de –2,0 nC. Considere um ponto **A**, a 20 cm dessa partícula. Calcule:

a) o potencial elétrico em **A**;
b) a energia potencial adquirida por uma carga puntiforme de +3,0 μC, colocada em **A**.

Dado: constante eletrostática do meio = $9{,}0 \cdot 10^9\ N\,m^2\,C^{-2}$

Resolução:

a) No ponto **A**, o potencial é dado por:

$$\nu_A = K\frac{Q}{d_A}$$

Substituindo os valores fornecidos, temos:

$$\nu_A = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(-2{,}0 \cdot 10^{-9})}{0{,}20}$$

$$\boxed{\nu_A = -90\ V}$$

b) A energia potencial adquirida pela carga colocada em **A** é dada por:

$$E_{p_A} = q \cdot \nu_A = 3{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot (-90)$$

$$\boxed{E_{p_A} = -2{,}7 \cdot 10^{-4}\ J}$$

4 Em um meio de constante eletrostática igual a $9{,}0 \cdot 10^9\ N\,m^2\,C^{-2}$, encontra-se uma partícula solitária eletrizada com carga de +5,0 μC. Qual o valor do potencial elétrico em um ponto **P** situado a 3,0 m dessa partícula?

Resolução:

$$\nu = K\frac{Q}{d}$$

$$\nu_p = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{5{,}0 \cdot 10^{-6}}{3{,}0}\ (V)$$

$$\boxed{\nu_p = 1{,}5 \cdot 10^4\ V}$$

Resposta: $1{,}5 \cdot 10^4$ V

5 Em um ponto **A** distante 45 cm de uma carga elétrica puntiforme **Q**, o potencial assume o valor $5{,}0 \cdot 10^4$ V. Sabendo que o meio que envolve a carga é o vácuo, determine o valor de **Q**.
Dado: constante eletrostática do vácuo: $K_0 = 9{,}0 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$

Resolução:

$$\nu = K\frac{Q}{d}$$

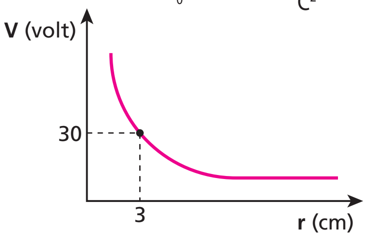
$$5{,}0 \cdot 10^4 = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q}{0{,}45}$$

$$Q = 2{,}5 \cdot 10^{-6}\text{ C}$$

$$\boxed{Q = 2{,}5\ \mu\text{C}}$$

Resposta: 2,5 μC

6 (Ufla-MG) O diagrama potencial elétrico *versus* distância de uma carga elétrica puntiforme **Q** no vácuo é mostrado a seguir. Considere a constante eletrostática do vácuo $k_0 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$.



Pode-se afirmar que o valor de **Q** é:

a) $+3{,}0 \cdot 10^{-12}$ C.
b) $+0{,}1 \cdot 10^{-12}$ C.
c) $+3{,}0 \cdot 10^{-9}$ C.
d) $+0{,}1 \cdot 10^{-9}$ C.
e) $-3{,}0 \cdot 10^{-12}$ C.

Resolução:
Potencial gerado por uma carga elétrica:

$$\nu = K\frac{Q}{d}$$

Assim, do gráfico, temos:

$$30 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q}{3 \cdot 10^{-2}}$$

$$9 \cdot 10^{-1} = 9 \cdot 10^9 \cdot Q$$

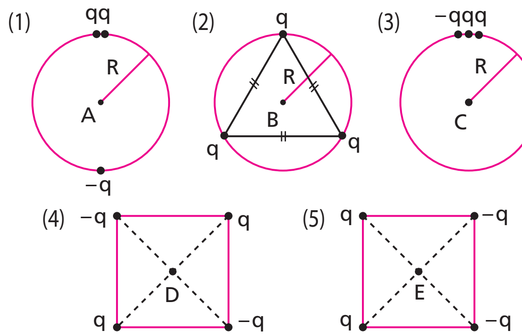
$$Q = 1{,}0 \cdot 10^{-10}\text{ C}$$

$$\boxed{Q = +0{,}1 \cdot 10^{-9}\text{ C}}$$

Observe que, se o potencial elétrico gerado é **positivo**, a carga elétrica geradora é **positiva** .

Resposta: d

7 Em todas as figuras a seguir, as cargas elétricas utilizadas possuem o mesmo módulo e são puntiformes. Quando a carga é negativa, o sinal está indicado.

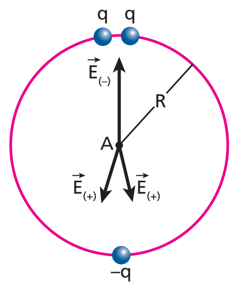


Levando em conta a posição das cargas em cada situação e considerando os pontos **A**, **B** e **C** centros das circunferências e **D** e **E** centros dos quadrados, determine:

a) em quais desses pontos o vetor campo elétrico é nulo;
b) em quais desses pontos o potencial elétrico é nulo.

Resolução:

(1)



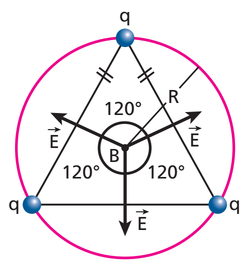
$$\boxed{E_A \neq 0}$$

$$\nu_A = \nu_{(+)} + \nu_{(+)} + \nu_{(-)} = \nu_{(+)}$$

$$(\nu_{(+)} = -\nu_{(-)})$$

$$\boxed{\nu_A \neq 0}$$

(2)



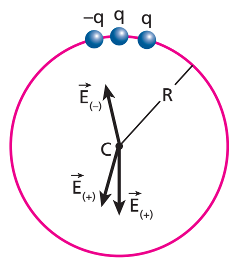
$$\boxed{E_B = 0}$$

(Ver resolução do exercício 68 — Tópico 2)

$$\nu_B = \nu_{(+)} + \nu_{(+)} + \nu_{(+)} = 3\nu_{(+)}$$

$$\boxed{\nu_B \neq 0}$$

(3)

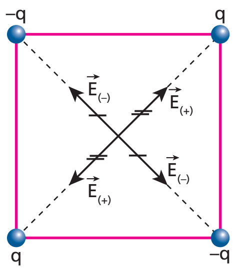


$$\boxed{E_C \neq 0}$$

$$\nu_C = \nu_{(+)} + \nu_{(+)} + \nu_{(-)} = \nu_{(+)}$$

$$\boxed{\nu_C \neq 0}$$

(4)

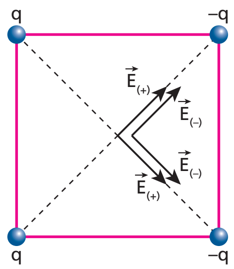


$\boxed{E_D = 0}$

$\nu_D = \nu_{(+)} + \nu_{(+)} + \nu_{(-)} + \nu_{(-)} = 0$

$\boxed{\nu_D = 0}$

(5)



$\boxed{E_E \neq 0}$

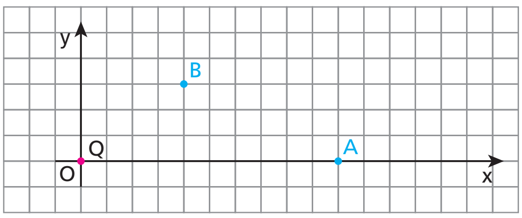
$\nu_E = \nu_{(+)} + \nu_{(+)} + \nu_{(-)} + \nu_{(-)} = 0$

$\boxed{\nu_E = 0}$

a) (2) e (4)
b) (4) e (5)

Respostas: a) (2) e (4); b) (4) e (5)

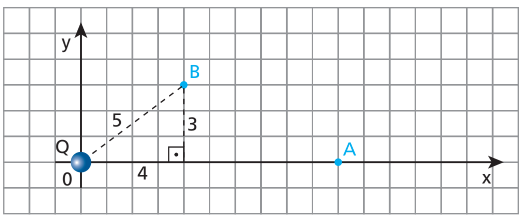
8 (UCSal-BA) Considere uma carga puntiforme positiva **Q**, fixa na origem **O** de um sistema de eixos cartesianos, e dois pontos **A** e **B** desse plano, como mostra a figura abaixo.



No ponto **B**, o vetor campo elétrico tem intensidade **E** e o potencial elétrico é **V**. No ponto **A**, os valores dessas grandezas serão, respectivamente:

a) $\frac{E}{4}$ e $\frac{V}{2}$.
b) $\frac{E}{2}$ e $\frac{V}{2}$.
c) E e V.
d) 2E e 2V.
e) 4E e 2V.

Resolução:



Em **B**:

$$E_B = K\frac{|Q|}{d_B^2}$$

Como $d_B = 5$ unidades, temos:

$$E_B = K\frac{|Q|}{5^2} \Rightarrow E_B = K\frac{|Q|}{25} = E$$

$$V_B = K\frac{Q}{d_B} \Rightarrow V_B = K\frac{Q}{5} = V$$

Em **A**:

$$E_A = K\frac{|Q|}{d_A^2} \Rightarrow E_A = K\frac{|Q|}{10^2}$$

$$E_A = K\frac{|Q|}{100} \Rightarrow E_A = \frac{1}{4}K\frac{|Q|}{25}$$

$$\boxed{E_A = \frac{E}{4}}$$

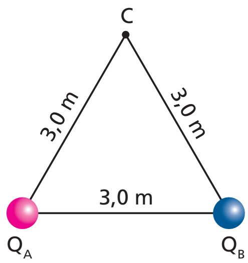
$$V_A = K\frac{Q}{d_A} \Rightarrow V_A = K\frac{Q}{10}$$

$$V_A = \frac{1}{2}K\frac{Q}{5}$$

$$\boxed{V_A = \frac{V}{2}}$$

Resposta: a

9 Nos vértices **A** e **B** do triângulo equilátero representado a seguir, foram fixadas duas partículas eletrizadas com cargas $Q_A = +6{,}0\ \mu C$ e $Q_B = -4{,}0\ \mu C$:



Considerando a constante eletrostática do meio igual a $9{,}0 \cdot 10^9\ N\,m^2\,C^{-2}$, determine:

a) a energia potencial elétrica armazenada no sistema;
b) o potencial elétrico resultante no vértice **C**;
c) a energia potencial adquirida por uma carga de prova q = +2,0 mC, ao ser colocada no vértice **C**.

Resolução:

a) $E_p = K\frac{Q_A Q_B}{d}$

$$E_p = 9{,}0 \cdot 10^9 \frac{6{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot (-4{,}0 \cdot 10^{-6})}{3{,}0} \quad (J)$$

$$\boxed{E_p = -7{,}2 \cdot 10^{-2}\ J}$$

b) $\nu_C = \nu_A + \nu_B$

$$\nu_C = K\frac{Q_A}{d_{AC}} + K\frac{Q_B}{d_{BC}}$$

$$v_C = 9{,}0 \cdot 10^9 \, \frac{6{,}0 \cdot 10^{-6}}{3{,}0} + 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{(-4{,}0 \cdot 10^{-6})}{3{,}0}$$

$$v_C = 1{,}8 \cdot 10^4 - 1{,}2 \cdot 10^4 \quad (\text{V})$$

$$v_C = 0{,}6 \cdot 10^4 \text{ V}$$

$$\boxed{v_C = 6{,}0 \cdot 10^3 \text{ V}}$$

c) $E_{PC} = q \, v_C$

$$E_{PC} = 2{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 6{,}0 \cdot 10^3 \quad (\text{J})$$

$$\boxed{E_{PC} = 12 \text{ J}}$$

Respostas: a) $-7{,}2 \cdot 10^{-2}$ J; b) $6{,}0 \cdot 10^3$ V; c) 12 J

10 Uma partícula eletrizada com carga **Q**, no vácuo, cria a uma distância **d** um potencial de 300 volts e um campo elétrico de intensidade 100 newtons/coulomb. Quais os valores de **d** e **Q**? Adote, nos cálculos, a constante eletrostática do meio igual a $9{,}0 \cdot 10^9$ N m² C⁻².

Resolução:

$$\begin{cases} E = K \dfrac{|Q|}{d^2} \\ v = K \dfrac{Q}{d} \end{cases}$$

$$v = E\, d$$

$$300 = 100 \cdot d$$

$$\boxed{d = 3{,}0 \text{ m}}$$

$$v = K \frac{Q}{d}$$

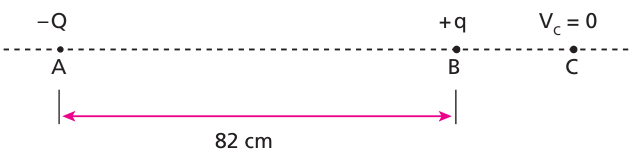
$$300 = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q}{3{,}0}$$

$$Q = 100 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$\boxed{Q = 100 \text{ nC}}$$

Respostas: 3,0 m; 100 nC

11 (UFPE) Duas cargas elétricas –Q e +q são mantidas nos pontos **A** e **B**, que distam 82 cm um do outro (ver figura). Ao se medir o potencial elétrico no ponto **C**, à direita de **B** e situado sobre a reta que une as cargas, encontra-se um valor nulo. Se | Q | = 3 | q |, qual o valor em centímetros da distância BC?



Resolução:

$$v_C = v_{(-Q)} + v_{(+q)} = 0$$

$$K \frac{(-Q)}{d_{AC}} + K \frac{(+q)}{d_{BC}} = 0$$

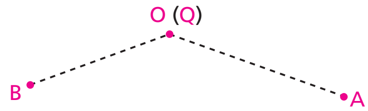
$$-K \frac{3q}{(0{,}82 + d_{BC})} + \frac{K\,q}{d_{BC}} = 0$$

$$\frac{1}{d_{BC}} = \frac{3}{(0{,}82 + d_{BC})} \Rightarrow 3\, d_{BC} = 0{,}82 + d_{BC}$$

$$2\, d_{BC} = 0{,}82 \Rightarrow \boxed{d_{BC} = 0{,}41 \text{ m} = 41 \text{ cm}}$$

Resposta: 41 cm

12 (FEI-SP) Na figura, a carga puntiforme **Q** está fixa em **O**. Sabe-se que $\overline{OA} = 0{,}5$ m, $\overline{OB} = 0{,}4$ m e que a diferença de potencial entre **B** e **A** vale $V_B - V_A = -9\,000$ V. Qual o valor da carga elétrica **Q**?



Resolução:

$$v_B - v_A = -9000$$

$$K \frac{Q}{d_{OB}} - K \frac{Q}{d_{OA}} = -9000$$

$$9 \cdot 10^9 \, Q \left(\frac{1}{0{,}4} - \frac{1}{0{,}5} \right) = -9000$$

$$Q \cdot \left(\frac{0{,}5 - 0{,}4}{0{,}2} \right) = -10^{-6}$$

$$Q \cdot \frac{1}{2} = -10^{-6} \Rightarrow Q = -2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$\boxed{Q = -2\ \mu\text{C}}$$

Resposta: – 2 μC

13 Em um meio de constante eletrostática igual a $9{,}0 \cdot 10^9$ N m² C⁻², são colocadas duas cargas puntiformes Q_A e Q_B distantes 40 cm uma da outra. A carga Q_A é positiva, enquanto a carga Q_B é negativa. Sabe-se que, no ponto médio de AB, o campo elétrico resultante tem intensidade igual a $1{,}8 \cdot 10^3$ N/C e que o potencial elétrico vale –90 V. Determine os valores de Q_A e Q_B.

Resolução:

$$E_{(M)} = E_A + E_B$$

$$E_{(M)} = \frac{K}{d^2} (|Q_A| + |Q_B|)$$

$$1{,}8 \cdot 10^3 = \frac{9{,}0 \cdot 10^9}{(0{,}2)^2} (|Q_A| + |Q_B|)$$

$$(|Q_A| + |Q_B|) = 8{,}0 \cdot 10^{-9} \qquad (1)$$

$$v_{(M)} = v_A + v_B$$

$$v_{(M)} = \frac{K}{d} (Q_A + Q_B)$$

$$-9{,}0 = \frac{9{,}0 \cdot 10^9}{0{,}2} (Q_A + Q_B)$$

$$Q_A + Q_B = -2{,}0 \cdot 10^{-9} \qquad (2)$$

Comparando (1) e (2), vem:

$$(+) \begin{cases} Q_A + |Q_B| = 8{,}0 \cdot 10^{-9} \\ Q_A + Q_B = -2{,}0 \cdot 10^{-9} \end{cases}$$

Sendo Q_B negativo, $Q_B + |Q_B| = 0$.

$2Q_A = 6,0 \cdot 10^{-9}$

$\boxed{Q_A = +3,0\ nC}$

Em 2, temos:

$3,0 \cdot 10^{-9} + Q_B = -2,0 \cdot 10^{-9}$

$Q_B = -5,0 \cdot 10^{-9}\ C$

$\boxed{Q_B = -5,0\ nC}$

Respostas: +3,0 nC; –5,0 nC

14 Em uma região onde a constante eletrostática vale $1,0 \cdot 10^{10}\ N\ m^2\ C^{-2}$, são fixadas duas partículas eletrizadas positivamente com cargas Q_A e Q_B, distantes entre si 1,0 m. Uma carga de prova de 2,0 μC é colocada no segmento AB, a 60 cm de Q_A, permanecendo em repouso apesar de adquirir uma energia potencial elétrica igual a 1,0 J. Quais os valores de Q_A e de Q_B?

Resolução:

$E_P = q\nu_P$

$1,0 = 2,0 \cdot 10^{-6}\ \nu_P$

$\nu_P = 5,0 \cdot 10^5\ V$

Mas:

$$\nu_P = \nu_A + \nu_B = K\frac{Q_A}{d_A} + K\frac{Q_B}{d_B}$$

$$5,0 \cdot 10^5 = 1,0 \cdot 10^{10}\left(\frac{Q_A}{0,60} - \frac{Q_B}{0,40}\right)$$

$$6,0 \cdot 10^{-5} = 2Q_A + 3Q_B \qquad \text{(I)}$$

Como:

$E_P = 0$

$$E_A = E_B \Rightarrow K\frac{Q_A}{d_A^2} = K\frac{Q_B}{d_B^2}$$

$$\frac{Q_A}{(0,60)^2} = -\frac{Q_B}{(0,40)^2}$$

$$\frac{Q_A}{0,36} = \frac{Q_B}{0,16} \Rightarrow Q_A = \frac{9}{4}Q_B \qquad \text{(II)}$$

Substituindo II em I, vem:

$$6,0 \cdot 10^{-5} = 2\left(\frac{9}{4}Q_B\right) + 3Q_B$$

$6,0 \cdot 10^{-5} = 7,5Q_B$

$\boxed{Q_B = 8,0 \cdot 10^{-6}\ C = 8,0\ \mu C}$

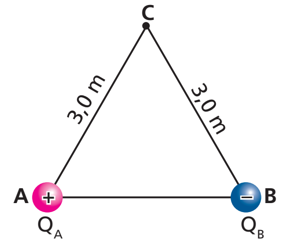
Em I, temos:

$$Q_A = \frac{9}{4} \cdot 8,0 \cdot 10^{-6}$$

$\boxed{Q_A = 18 \cdot 10^{-6}\ C = 18\ \mu C}$

Respostas: 18 μC; 8,0 μC

15 E.R. Na figura, tem-se um triângulo equilátero de lados iguais a 3,0 m. Nos vértices **A** e **B** foram fixadas as cargas elétricas de +5,0 μC e –5,0 μC, respectivamente:



Determine:

a) a intensidade do campo elétrico resultante no vértice **C**;

b) o valor do potencial resultante em **C**.

Dado: constante eletrostática do meio = $9,0 \cdot 10^9\ N\ m^2\ C^{-2}$

Resolução:

a) Vamos calcular, inicialmente, os módulos dos vetores campo elétrico $\vec{E}_A$ e $\vec{E}_B$ criados em **C**, por meio da relação:

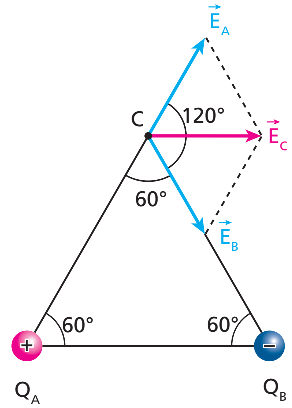
$$E = K\frac{|Q|}{d^2}$$

Da observação dos dados, tem-se que $E_A = E_B$. Assim:

$$E_A = E_B = 9,0 \cdot 10^9 \cdot \frac{5,0 \cdot 10^{-6}}{(3,0)^2}$$

$$E_A = E_B = 5,0 \cdot 10^3\ N/C$$

Vamos, agora, representar os vetores $\vec{E}_A$ e $\vec{E}_B$:



Para calcular o módulo de $\vec{E}_C$, deve-se aplicar a Lei dos Cossenos:

$$E_C^2 = E_A^2 + E_B^2 + 2E_A\ E_B \cdot \cos 120°$$

Já que $E_A = E_B = E$, tem-se:

$$E_C^2 = E^2 + E^2 + 2\,E^2\left(-\frac{1}{2}\right)$$

$$E_C^2 = E^2 \Rightarrow \boxed{E_C = 5,0 \cdot 10^3\ N/C}$$

b) O cálculo do potencial em **C** é bem mais simples, pois o potencial é uma grandeza escalar. Assim, podem-se calcular os potenciais ν_A e ν_B criados em **C** usando a relação:

$$\nu = K\frac{Q}{d}$$

Desse modo, temos:

$$\nu_A = 9,0 \cdot 10^9 \cdot \frac{(+5,0 \cdot 10^{-6})}{3,0}$$

$$\nu_A = +1,5 \cdot 10^4\ V$$

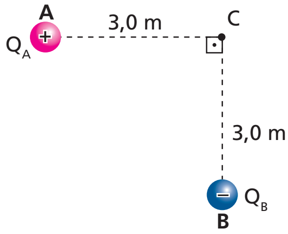
$$\nu_B = 9,0 \cdot 10^9 \cdot \frac{(-5,0 \cdot 10^{-6})}{3,0}$$

$$\nu_B = -1,5 \cdot 10^4\ V$$

Como $\nu_C = \nu_A + \nu_B$, obtemos:

$\boxed{\nu_C = 0}$

16 No esquema a seguir, $Q_A = +3{,}0\ \mu C$ e $Q_B = -4{,}0\ \mu C$. O meio é o vácuo, de constante eletrostática igual a $9{,}0 \cdot 10^9\ N\ m^2\ C^{-2}$.



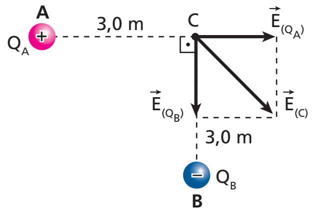
Determine:

a) a intensidade do campo elétrico, em **C**;

b) o valor do potencial elétrico, em **C**.

Resolução:

a)



Usando Pitágoras, temos:

$$E^2_{(C)} = E^2_{(Q_A)} + E^2_{(Q_B)}$$

$$E^2_{(C)} = \left(K\frac{|Q_A|}{d^2_A}\right)^2 + \left(K\frac{|Q_B|}{d^2_B}\right)^2$$

$$E^2_{(C)} = \left(9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{3{,}0 \cdot 10^{-6}}{3{,}0^2}\right)^2 + \left(9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{4{,}0 \cdot 10^{-6}}{3{,}0^2}\right)$$

$$\boxed{E_{(C)} = 5{,}0 \cdot 10^3\ N/C}$$

b) $\nu_{(C)} = \nu_{(Q_A)} + \nu_{(Q_B)}$

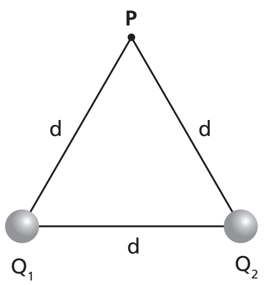
$$\nu_{(C)} = K\frac{Q_A}{d_A} + K\frac{Q_B}{d_B}$$

$$\nu_{(C)} = \frac{9{,}0 \cdot 10^9}{3{,}0}(3{,}0 \cdot 10^{-6} - 4{,}0 \cdot 10^{-6})$$

$$\boxed{\nu_{(C)} = -3{,}0 \cdot 10^3\ V}$$

Respostas: a) $5{,}0 \cdot 10^3$ N/C; b) $-3{,}0 \cdot 10^3$ V

17 (Cesgranrio-RJ)



A figura acima mostra duas cargas elétricas puntiformes $Q_1 = +10^{-6}$ C e $Q_2 = -10^{-6}$ C localizadas nos vértices de um triângulo equilátero de lado d = 0,3 m. O meio é o vácuo, cuja constante eletrostática é $k_0 = 9 \cdot 10^9\ N\ m^2/C^2$. O potencial elétrico e a intensidade do campo elétrico resultantes no ponto **P** são, respectivamente:

a) 0 V; 10^5 V/m.

b) $3 \cdot 10^4$ V; $\sqrt{3} \cdot 10^5$ V/m.

c) $6 \cdot 10^4$ V; $2 \cdot 10^5$ V/m.

d) 0 V; $\sqrt{3} \cdot 10^5$ V/m.

e) $6 \cdot 10^4$ V; 10^5 V/m.

Resolução:

Cálculo do potencial em **P**:

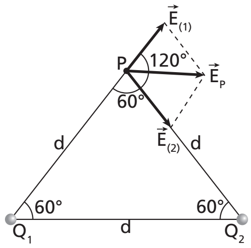
$$\nu_{(P)} = \nu_{(Q_1)} + \nu_{(Q_2)}$$

$$\nu_{(P)} = K\frac{Q_1}{d} + K\frac{Q_2}{d} = \frac{K}{d}(Q_1 + Q_2)$$

$$\nu_{(P)} = \frac{9 \cdot 10^9}{0{,}3}(1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-6})$$

$$\boxed{\nu_{(P)} = 0}$$

Cálculo da intensidade do campo elétrico em **P**.



Usando a Lei dos Cossenos:

$$E^2_{(P)} = E^2_{(1)} + E^2_{(2)} + 2E_{(1)}\,E_{(2)}\cos 120°$$

Como:

$$E_1 = E_2 = K\frac{|Q|}{d^2}$$

$$E_1 = E_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-6}}{(0{,}3)^2}\ (V/m)$$

$$E_1 = E_2 = 10^5\ V/m$$

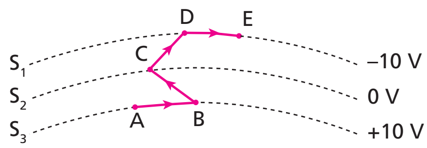
Então:

$$E^2_{(P)} = (10^5)^2 + (10^5)^2 - (10^5)^2$$

$$\boxed{E_{(P)} = 10^5\ V/m}$$

Resposta: a

18 E.R. Considere as superfícies equipotenciais abaixo, S_1, S_2 e S_3, com seus respectivos potenciais elétricos indicados, e determine o trabalho realizado pela força elétrica que atua em uma carga de 2 C quando ela se desloca do ponto **A** ao ponto **E**, percorrendo a trajetória indicada:



Resolução:

O trabalho realizado pela força elétrica não depende da trajetória percorrida pela carga elétrica, e sim do valor dessa carga e da diferença de potencial (ddp) entre os pontos de saída e chegada.

$$\tau_{AE} = q\,(\nu_A - \nu_E)$$

Substituindo os valores, temos:

$$\tau_{AE} = 2\,[10 - (-10)]$$

$$\boxed{\tau_{AE} = 40\ J}$$

19 Qual o trabalho realizado pela força elétrica que atua em uma partícula eletrizada com carga de +3,0 μC quando esta se desloca 5,0 m ao longo de uma equipotencial de 100 V? Justifique.

Resolução:

$\tau = q(\nu_A - \nu_B)$

Ao longo de uma equipotencial temos:

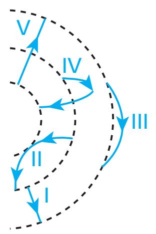
$\nu_A = \nu_B$

Assim:

$\boxed{\tau = 0}$

Resposta: zero, porque a força elétrica é perpendicular à equipotencial.

20 (Unifesp-SP) Na figura, as linhas tracejadas representam superfícies equipotenciais de um campo elétrico; as linhas cheias I, II, III, IV e V representam cinco possíveis trajetórias de uma partícula de carga **q**, positiva, realizadas entre dois pontos dessas superfícies por um agente externo que realiza trabalho mínimo.



A trajetória em que esse trabalho é maior, em módulo, é:

a) I.
b) II.
c) III.
d) IV.
e) V.

Resolução:

$\tau_{operador} + \tau_{Fe} = 0$

$\tau_{operador} = -\tau_{Fe} = -(q\,U)$

Assim, quanto maior a diferença de potencial U entre os pontos de partida e de chegada da carga **q**, maior será o módulo de trabalho do operador (agente externo).

Isso ocorre na trajetória V, em que a carga passa por duas equipotenciais (em que a diferença de potencial é maior).

Resposta: e

21 (Mack-SP) Ao abandonarmos um corpúsculo, eletrizado positivamente com carga elétrica de 2,0 μC, no ponto **A** de um campo elétrico, ele fica sujeito a uma força eletrostática que o leva para o ponto **B**, após realizar o trabalho de 6,0 mJ. A diferença de potencial elétrico entre os pontos **A** e **B** desse campo elétrico é:

a) 1,5 kV.
b) 3,0 kV.
c) 4,5 kV.
d) 6,0 kV.
e) 7,5 kV.

Resolução:

$\tau = q(\nu_A - \nu_B)$

Como:

$q = 2,0\ \mu C = 2,0 \cdot 10^{-6}\ C$

$\tau = 6,0\ mJ = 6,0 \cdot 10^{-3}\ J$

Temos:

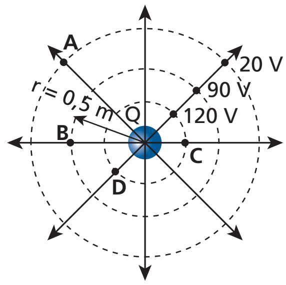
$6,0 \cdot 10^{-3} = 2,0 \cdot 10^{-6} \cdot V_{AB}$

$V_{AB} = 3,0 \cdot 10^{3}\ V$

$\boxed{V_{AB} = 3,0\ kV}$

Resposta: b

22 (Unirio-RJ)



No esquema, apresentam-se as superfícies equipotenciais e as linhas de força no campo de uma carga elétrica puntiforme **Q** fixa. Considere que o meio é o vácuo ($K_0 = 9 \cdot 10^9\ Nm^2/C^2$) e determine:

a) o valor de **Q**;
b) o valor do campo elétrico em **B**;
c) o trabalho realizado pela força elétrica sobre a carga $q = -2,0 \cdot 10^{-10}$ C para levá-la de **A** a **C**.

Resolução:

a) Em **B**:

$$\nu_B = K\frac{Q}{d_B}$$

$$90 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q}{0,5}$$

$$\boxed{Q = 5,0 \cdot 10^{-9}\ C = 5,0\ nC}$$

b) Em **B**:

$$E_B = K\frac{|Q|}{d_B^2}$$

$$E_B = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5,0 \cdot 10^{-9}}{(0,5)^2}$$

$$\boxed{E_B = 180\ V/m}$$

c) $\tau_{AC} = q(\nu_A - \nu_C)$

$\tau_{AC} = -2,0 \cdot 10^{-10}\,(20 - 120)$

$$\boxed{\tau_{AC} = 2,0 \cdot 10^{-8}\ J}$$

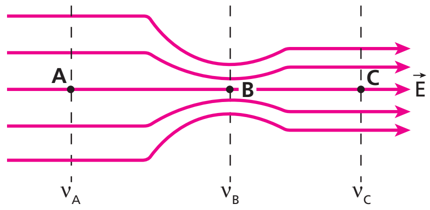
Respostas: a) +5,0 nC; b) 180 V/m; c) $2,0 \cdot 10^{-8}$ J

23 (FCMSC-SP) As linhas de força de um campo elétrico são:

a) perpendiculares às superfícies equipotenciais e dirigidas dos pontos de menor para os de maior potencial.
b) perpendiculares às superfícies equipotenciais e dirigidas dos pontos de maior para os de menor potencial.
c) inclinadas em relação às superfícies equipotenciais.
d) tangentes às superfícies equipotenciais.
e) necessariamente retilíneas e suas direções nada têm que ver com as superfícies equipotenciais.

Este enunciado refere-se às questões **24** e **25**.

Ao se mapear uma região do espaço onde existe um campo elétrico produzido por determinada distribuição de carga, encontrou-se o seguinte conjunto de linhas de força:



Resolução:

As linhas de força de um corpo elétrico são perpendiculares às superfícies equipotenciais e são orientadas no sentido **decrescente** dos potenciais.

Resposta: b

24 A respeito das intensidades do campo elétrico nos pontos **A**, **B** e **C**, podemos afirmar que:

a) $E_A = E_B$;
b) $E_C > E_B$;
c) $E_C > E_A$;
d) $E_B > E_C$;
e) $E_A = E_C$.

Resolução:

A intensidade do campo elétrico é proporcional à densidade de linhas de força.

Assim, temos:

$E_B > E_C > E_A$

Resposta: d

25 A respeito dos potenciais ν_A, ν_B e ν_C das equipotenciais que passam pelos pontos **A**, **B** e **C**, podemos afirmar que:

a) $\nu_A = \nu_B$;
b) $\nu_A > \nu_C$;
c) $\nu_C > \nu_B$;
d) $\nu_B > \nu_A$;
e) $\nu_C > \nu_A$.

Resolução:

Uma linha de força é orientada no sentido de potenciais decrescentes.

Assim:

$\nu_A > \nu_B > \nu_C$

Resposta: b

26 Determine a intensidade de um campo elétrico uniforme sabendo que a diferença de potencial entre duas de suas equipotenciais, separadas por 20 cm, é de 300 V.

Resolução:

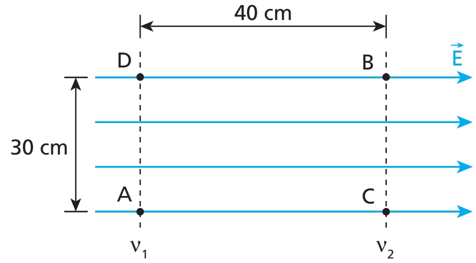
$E\,d = U$

$E \cdot 0{,}20 = 300$

$\boxed{E = 1{,}5 \cdot 10^3 \text{ V/m}}$

Resposta: $1{,}5 \cdot 10^3$ V/m

27 (PUC-MG) A figura abaixo mostra as linhas de força de um campo elétrico uniforme, duas superfícies equipotenciais desse campo e quatro pontos, **A**, **B**, **C** e **D**, dessa região. Considere o trabalho (**W**) realizado para levar uma partícula, carregada positivamente, do ponto **A** até o ponto **B**, percorrendo as trajetórias: 1-ADB; 2-AB; 3-ACB. A relação entre os trabalhos realizados ao longo desses percursos está indicada corretamente em:



a) $W_2 = 0, W_1 = W_3$.
b) $W_1 = W_3 = \dfrac{W_2}{5}$.
c) $W_1 = \dfrac{W_2}{7} = \dfrac{W_3}{3}$.
d) $W_1 = W_2 = W_3$.
e) $\dfrac{W_1}{7} = W_2 = \dfrac{W_3}{5}$.

Resolução:

O trabalho realizado pelo campo elétrico é dado por:

$W = q\,(\nu_A - \nu_B)$

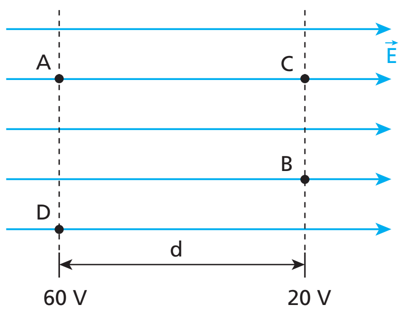
Observe que o trajeto não interfere no resultado.

Assim, qualquer que seja o trajeto, o trabalho é o mesmo.

$\boxed{W_1 = W_2 = W_3}$

Resposta: d

28 (EN-RJ) Na configuração a seguir estão representadas as linhas de força e as superfícies equipotenciais de um campo elétrico uniforme de intensidade igual a $2 \cdot 10^2$ V/m:



Considere as afirmativas abaixo:

I. A separação **d** entre as superfícies equipotenciais vale 0,2 m.
II. O trabalho realizado pela força elétrica para deslocar uma carga $q = 6\ \mu C$ de **A** para **C** vale $24 \cdot 10^{-5}$ J.
III. O trabalho realizado pela força elétrica para deslocar uma carga $q = 6\ \mu C$ de **A** para **B** é maior que o realizado para deslocar a carga de **A** para **C**.
IV. O trabalho realizado pela força elétrica para deslocar qualquer carga elétrica de **D** para **A** é nulo.
V. A energia potencial elétrica de uma carga localizada no ponto **C** é maior que a da mesma carga localizada no ponto **B**.

São verdadeiras:

a) I, II, III e IV.
b) I, II e IV.
c) II, IV e V.
d) I, II, III e V.
e) III e V.

Resolução:

I) Verdadeira.

$E\,d = U \Rightarrow 2 \cdot 10^2 \cdot d = 60 - 20$

$\boxed{d = 0{,}2\text{ m}}$

II) Verdadeira.

$\tau_{AC} = q\,(\nu_A - \nu_C) \Rightarrow \tau_{AC} = 6 \cdot 10^{-6}\,(60 - 20)$

$\boxed{\tau_{AC} = 24 \cdot 10^{-5}\text{ J}}$

III) Falsa.

Como: $\nu_B = \nu_C$

então: $\nu_A - \nu_B = \nu_A - \nu_C$

e:

$\boxed{\tau_{AB} = \tau_{AC}}$

IV) Verdadeira.

$\tau_{DA} = q\,(\nu_D - \nu_A)$

Como: $\nu_D = \nu_A$

então:

$\boxed{\tau_{DA} = 0}$

V) Falsa.

$E_P = q\,\nu$

Como: $\nu_B = \nu_C$

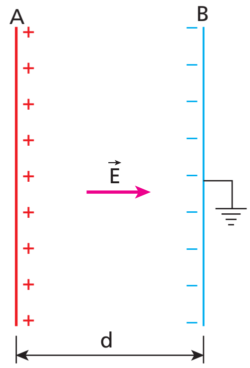
então:

$\boxed{E_{P_B} = E_{P_C}}$

Resposta: b

29 Entre duas placas condutoras, eletrizadas com cargas de mesmo módulo, mas de sinais opostos, existe um campo elétrico uniforme de intensidade 500 V/m.

Sabendo que a distância entre as placas **A** e **B** vale d = 5,0 cm e que **B** está ligada à Terra, calcule o potencial elétrico da placa **A**.



Resolução:

$E\,d = U$

$E\,d = \nu_A - \nu_B$

$500 \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-2} = \nu_A - 0$

$\boxed{\nu_A = 25\text{ V}}$

Lembrar que a placa ligada à Terra possui potencial igual a zero.

Resposta: 25 V

30 (PUC-SP) Indique a afirmação **falsa**:

a) Uma carga negativa, abandonada em repouso num campo eletrostático, fica sujeita a uma força que realiza sobre ela um trabalho negativo.
b) Uma carga positiva, abandonada em repouso num campo eletrostático, fica sujeita a uma força que realiza sobre ela um trabalho positivo.
c) Cargas negativas, abandonadas em repouso num campo eletrostático, dirigem-se para pontos de potencial mais elevado.
d) Cargas positivas, abandonadas em repouso num campo eletrostático, dirigem-se para pontos de menor potencial.
e) O trabalho realizado pelas forças eletrostáticas ao longo de uma curva fechada é nulo.

Resolução:

$\tau = q\,(\nu_A - \nu_B)$

1) **Carga positiva** abandonada em um campo eletrostático move-se no sentido de potenciais menores.
2) **Carga negativa** abandonada em um campo eletrostático move-se no sentido de potenciais maiores.
3) **Carga positiva**:

$\tau = q\,(\nu_A - \nu_B)$
$\quad(+)\quad(+)$

$\boxed{\tau > 0}$

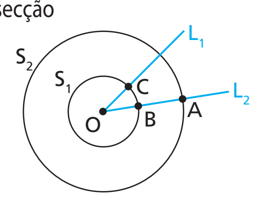
4) **Carga negativa:**

$\tau = q\,(\nu_A - \nu_B)$
$\quad(-)\quad(-)$

$\boxed{\tau > 0}$

Resposta: a

31 (Vunesp-FMJ-SP) Na figura, S_1 e S_2 representam linhas equipotenciais de um campo elétrico criado por uma carga elétrica **Q**, pontual, fixa no ponto **O**. As semirretas L_1 e L_2 são perpendiculares a S_1 e S_2 nos pontos de intersecção



A força elétrica que atua em uma carga elétrica $q = -2{,}0 \cdot 10^{-6}$ C, considerada pontual, realiza trabalho de $6{,}0 \cdot 10^{-6}$ J quando se desloca do ponto **A** para o ponto **B**.

a) Calcule a diferença de potencial, $V_A - V_B$, entre os pontos **A** e **B**.
b) Determine o trabalho realizado pela força elétrica que atua sobre a carga elétrica **q** quando esta passa do ponto **A** para o ponto **C**. Justifique sua resposta.

Resolução:

a) $\tau = q\,(\nu_A - \nu_B)$

$6{,}0 \cdot 10^{-6} = -2{,}0 \cdot 10^{-6}\,(\nu_A - \nu_B)$

$\boxed{\nu_A - \nu_B = -3{,}0\text{ V}}$

b) $\tau_{AC} = q\,(\nu_A - \nu_C)$

Como os pontos **B** e **C** pertencem à mesma equipotencial, $\nu_B = \nu_C$ e, portanto:

$\tau_{AC} = \tau_{AB}$

$$\boxed{\tau_{AC} = 6,0 \cdot 10^{-6}\ J}$$

Respostas: a) –3,0 V; b) $6,0 \cdot 10^{-6}$ J

32 E.R. Uma partícula fixa, eletrizada com carga +5,0 μC, é responsável pelo campo elétrico existente em determinada região do espaço. Uma carga de prova de +2,0 μC e 0,25 g de massa é abandonada a 10 cm da carga-fonte, recebendo desta uma força de repulsão. Determine:

a) o trabalho que o campo elétrico realiza para levar a carga de prova a 50 cm da carga-fonte;
b) a velocidade escalar da carga de prova, submetida exclusivamente ao campo citado, quando ela estiver a 50 cm da carga-fonte.

Dado: constante eletrostática do meio = $1,0 \cdot 10^{10}$ N m² C⁻²

Resolução:

a) O trabalho realizado pelo campo elétrico é calculado pela relação:

$$\tau_{AB} = q\,(\nu_A - \nu_B) \quad \text{(I)}$$

em que ν_A é o potencial na posição inicial e ν_B, o potencial na posição final.
Assim, vamos calcular ν_A e ν_B usando a expressão:

$$\nu = K\frac{Q}{d}$$

$$\nu_A = 1,0 \cdot 10^{10} \cdot \frac{5,0 \cdot 10^{-6}}{0,10} \Rightarrow \nu_A = 5,0 \cdot 10^{5}\ V$$

$$\nu_B = 1,0 \cdot 10^{10} \cdot \frac{5,0 \cdot 10^{-6}}{0,50} \Rightarrow \nu_B = 1,0 \cdot 10^{5}\ V$$

Voltando à relação (I), temos:

$$\tau_{AB} = 2,0 \cdot 10^{-6} \cdot (5,0 \cdot 10^{5} - 1,0 \cdot 10^{5})$$

$$\boxed{\tau_{AB} = 0,80\ J}$$

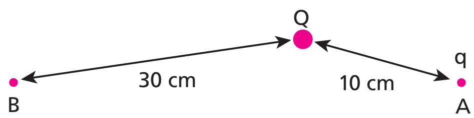
b) Como a partícula está exclusivamente sob a ação do campo elétrico, a força elétrica é a força resultante. Vamos usar, então, o Teorema da Energia Cinética.

$$\tau_{AB} = \Delta E_C \Rightarrow \tau_{AB} = \frac{m\,v_B^2}{2} - \frac{m\,v_A^2}{2}$$

Sendo $m = 0,25 \cdot 10^{-3}$ kg, $v_A = 0$ e $\tau_{AB} = 0,80$ J, temos:

$$0,80 = \frac{0,25 \cdot 10^{-3}\ v_B^2}{2} \Rightarrow \boxed{v_B = 80\ m/s}$$

33 (Mack-SP) Na figura abaixo, Q = 2,0 μC e q = 1,5 μC são cargas puntiformes no vácuo ($k_0 = 9 \cdot 10^9$ N m²/C²). O trabalho realizado pela força elétrica ao levar a carga **q** do ponto **A** para o **B** é:



a) 2,4 J.
b) 2,7 J.
c) 3,6 J.
d) 4,5 J.
e) 5,4 J.

Resolução:
Potencial gerado pela carga **Q** em **q** e em **B**.

$$\nu = K\frac{Q}{d}$$

$$\nu_A = 9 \cdot 10^9\,\frac{2,0 \cdot 10^{-6}}{(10^{-1})^2} \Rightarrow \nu_A = 18 \cdot 10^9$$

$$\nu_B = 9 \cdot 10^9\,\frac{2,0 \cdot 10^{-6}}{(3 \cdot 10^{-1})^2} \Rightarrow \nu_B = 2 \cdot 10^9$$

Assim:

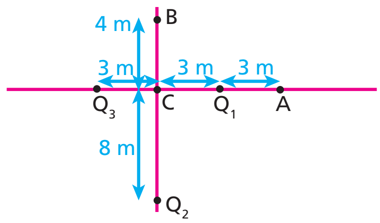
$$\tau_{AB} = 1,5 \cdot 10^{-6}\,(18 \cdot 10^{5} - 2 \cdot 10^{-5})$$

$$\tau_{AB} = q\,(\nu_A - \nu_B)$$

$$\boxed{\tau = 2,4\ F}$$

Resposta: a

34 A figura representa uma distribuição discreta de cargas elétricas $Q_1 = 15$ nC, $Q_2 = 60$ nC e $Q_3 = -45$ nC no vácuo.
Dado: $K_0 = 9,0 \cdot 10^9$ N m²/C²



a) Qual a diferença de potencial entre os pontos **A** e **B**?
b) Qual o trabalho necessário para levar uma carga elétrica de 10 mC do ponto **A** para o ponto **B**?

Resolução:

a) O potencial elétrico num ponto P, gerado por três cargas elétricas, é dado por:

$$\nu_A = K\frac{Q_1}{d_1} + K\frac{Q_2}{d_2} + K\frac{Q_3}{d_3}$$

Assim:

$$\nu_A = 9,0 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{15 \cdot 10^{-9}}{3} + \frac{60 \cdot 10^{-9}}{10} - \frac{45 \cdot 10^{-9}}{9}\right)$$

$$\nu_A = 54\ V$$

$$\nu_B = 9,0 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{15 \cdot 10^{-9}}{5} + \frac{60 \cdot 10^{-9}}{12} - \frac{45 \cdot 10^{-9}}{5}\right)$$

$$\nu_B = -9,0\ V$$

Portanto: $U_{AB} = \nu_A - \nu_B = 54 - (-9,0)$

$$\boxed{U_{AB} = 63\ V}$$

b) $\tau_{CE} = q\,(\nu_A - \nu_B)$

$\tau_{CE} = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 63$

$$\boxed{\tau_{CE} = 0,63\ J}$$

Respostas: a) 63 V; b) 0,63 J

35 Um próton penetra com energia cinética de $2,4 \cdot 10^{-16}$ J em uma região extensa de campo elétrico uniforme de intensidade $3,0 \cdot 10^4$ N/C. A trajetória descrita é retilínea, com a partícula invertendo o sentido de movimento após percorrer uma distância **d**. Qual é o valor de **d**, sabendo-se que o próton se moveu no vácuo?
Dado: carga do próton = $1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Resolução:
Usando o TEC (Teorema da Energia Cinética), temos:
$\tau = \Delta E_C$
Assim:
$\Delta E_C = q\,U$
mas, num CEU (campo elétrico uniforme), temos:
$E\,d = U$
Portanto:
$\Delta E_C = q \cdot E \cdot d$
$2,4 \cdot 10^{-16} = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3,0 \cdot 10^4 \cdot d$
$d = 0,05$ m
$\boxed{d = 5 \text{ cm}}$

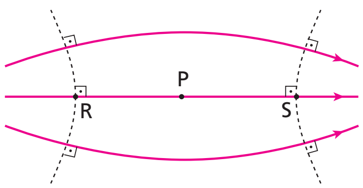
Resposta: 5 cm

36 Um próton é acelerado no vácuo por uma diferença de potencial de 1 MV. Qual o aumento da sua energia cinética?
Dado: carga do próton = $1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Resolução:
Pelo Teorema da Energia Cinética:
$\tau = \Delta E_C = q\,U$
Sendo: $1 \text{ MV} = 1 \cdot 10^{-6}$ V
temos:
$\Delta E_C = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^6 \Rightarrow \boxed{\Delta E_C = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}}$

Resposta: $1,6 \cdot 10^{-13}$ J

37 Determinada região submete-se exclusivamente a um campo elétrico, estando algumas de suas linhas de força representadas por linhas cheias na figura a seguir.

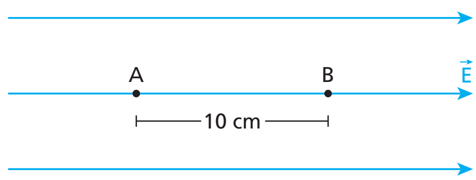


a) O que as linhas tracejadas representam?
b) O potencial do ponto **R** é maior, que o potencial do ponto **S**, menor que ele ou igual a ele?
c) Se uma carga de prova positiva for abandonada no ponto **P**, em que sentido ela se moverá? O que ocorrerá com sua energia potencial?
d) Repita o item **c**, empregando, agora, uma carga de prova negativa.

Resolução:
a) Linhas equipotenciais.
b) Maior : $\nu_R > \nu_S$
c) Sentido de **P** para **S**, e a energia potencial **diminuirá.**
d) Sentido de **P** para **R**, e a energia potencial **diminuirá.**

Respostas: a) Equipotenciais; b) maior; c) **P** para **S**. Diminuirá; d) **P** para **R**. Diminuirá.

38 (UFBA) A figura apresenta as linhas de força de um campo elétrico uniforme, de intensidade igual a 100 N/C, gerado por duas placas paralelas com cargas de sinais contrários.



Desprezando-se a interação gravitacional, se uma partícula de carga elétrica igual a $2,0 \cdot 10^{-3}$ C e massa **m** é abandonada em repouso no ponto **A** e passa pelo ponto **B** com energia potencial elétrica igual a $2,0 \cdot 10^{-1}$ J, é correto afirmar:
(01) A partícula desloca-se para a direita, em movimento retilíneo uniforme.
(02) As superfícies equipotenciais do campo elétrico que passam pelos pontos **A** e **B** são planos paralelos entre si e perpendiculares às linhas de força.
(04) A força elétrica realiza trabalho para deslocar a partícula ao longo de uma superfície equipotencial.
(08) A partícula, abandonada do repouso no campo elétrico, desloca-se espontaneamente, para pontos de potencial maior.
(16) O potencial elétrico do ponto **B** é igual a 100 V.
(32) A energia potencial elétrica da partícula, no ponto **A**, é igual a $2,2 \cdot 10^{-1}$ J.
Dê como resposta a soma dos números associados às afirmações corretas.

Resolução:
(01) Incorreta.
$$\begin{cases} F = |q|\,E \\ F = ma \end{cases}$$
$ma = |q|E \Rightarrow \boxed{a = \dfrac{|q|\,E}{m}}$
Movimento acelerado.

(02) Correta.

(04) Incorreta.
$\tau_{AB} = q\,(\nu_A - \nu_B)$
Na equipotencial $\nu_A = \nu_B$
Assim:
$\boxed{\tau_{AB} = 0}$

(08) Incorreta.
Desloca-se espontaneamente para pontos de **potencial menor**.

(16) Correta.
$E_p = q\nu$
No ponto **B**, temos:
$2,0 \cdot 10^{-1} = 2,0 \cdot 10^{-3} \cdot \nu_B$
$\boxed{\nu_B = 100 \text{ v}}$

(32) Correta.
$\Delta E_p = E_{p_A} - E_{p_B} = \tau_{AB}$
$E_{p_A} - E_{p_B} = q\,(\nu_A - \nu_B)$
$E_{p_A} - E_{p_B} = q\,E\,d$

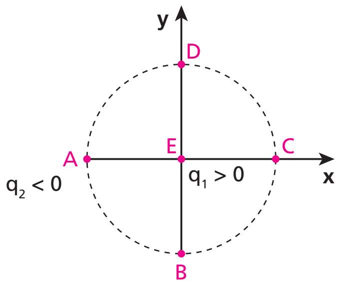
$E_{p_A} - 2{,}0 \cdot 10^{-1} = 2{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 100$

$E_{p_A} - 2{,}0 \cdot 10^{-1} = 0{,}2 \cdot 10^{-1}$

$\boxed{E_{p_A} = 2{,}2 \cdot 10^{-1}\ \text{J}}$

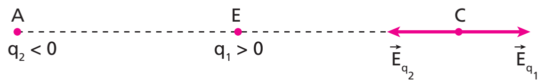
Resposta: 50

39 (UFTM-MG) Duas cargas elétricas puntiformes, $q_1 = 1{,}0 \cdot 10^{-8}$ C e $q_2 = -2{,}0 \cdot 10^{-8}$ C, encontram-se fixas no vácuo, respectivamente, no ponto **E** e no ponto **A**. O ponto **E** é o centro de uma circunferência de raio 10 cm e os pontos **A**, **B**, **C** e **D** são pertencentes à circunferência. Considere desprezíveis as ações gravitacionais.
Dado: $K = 9 \cdot 10^9\ \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$



a) Determine o módulo do vetor campo elétrico resultante criado pelas cargas q_1 e q_2 no ponto **C**.
b) Uma terceira carga elétrica, $q_3 = 3{,}0 \cdot 10^{-12}$ C, pontual, descreve o arco $\widehat{BCD}$. Qual é o trabalho realizado, nesse deslocamento, pela força elétrica que atua na carga q_3 devido à ação das cargas elétricas q_1 e q_2? Justifique sua resposta.

Resolução:
a) Em **C**, temos:



$E_C = E_{q_1} + E_{q_2}$

Assim:

$$E_C = K\frac{|q_1|}{R^2} - K\frac{|q_2|}{(2R)^2}$$

$$E_C = \left(9{,}0 \cdot 10^9 \frac{1{,}0 \cdot 10^{-8}}{(0{,}10)^2} - 9 \cdot 10^9 \frac{2{,}0 \cdot 10^{-8}}{(0{,}20)^2}\right)\ (\text{N/C})$$

$$E_C = 90\left(\frac{1{,}0}{10^{-2}} - \frac{2{,}0}{4 \cdot 10^{-2}}\right)\ (\text{N/C})$$

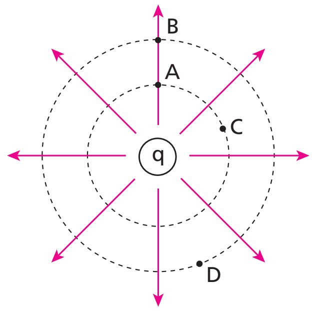
$E_C = 90\ (100 - 50)\ (\text{N/C})$

$\boxed{E_C = 4\,500\ \text{N/C}}$

b) $\tau_{BCD} = q_3\,(\nu_B - \nu_D)$
Como os pontos **B** e **D** são simétricos em relação às cargas q_1 e q_2, temos:
$\nu_B = \nu_D$
Assim:
$\boxed{\tau_{BCD} = 0}$

Respostas: a) 4 500 N/C; b) zero

40 (UFV-MG) Na figura a seguir, estão representadas algumas linhas de força do campo criado pela carga **q**. Os pontos **A**, **B**, **C** e **D** estão sobre circunferências centradas na carga.



Indique a alternativa **falsa**:
a) Os potenciais elétricos em **A** e **C** são iguais.
b) O potencial elétrico em **A** é maior que em **D**.
c) Uma carga elétrica positiva colocada em **A** tende a se afastar da carga **q**.
d) O trabalho realizado pelo campo elétrico para deslocar uma carga de **A** para **C** é nulo.
e) O campo elétrico em **B** é mais intenso que em **A**.

Resolução:
a) Verdadeira:
Os pontos **A** e **C** pertencem a uma mesma equipotencial.
b) Verdadeira:
No sentido de uma linha de força, encontramos potenciais cada vez menores.
$\nu_A > \nu_D$
c) Verdadeira:
Carga positiva num campo elétrico se move no sentido da linha de força.
d) Verdadeira:
$\tau = q\,(\nu_A - \nu_C)$
Como: $\nu_A = \nu_C$
Então:
$\boxed{\tau = 0}$
e) Falsa:
$$E = K\frac{|Q|}{d^2}$$
Como: $d_B > d_A$
Temos: $E_B < E_A$

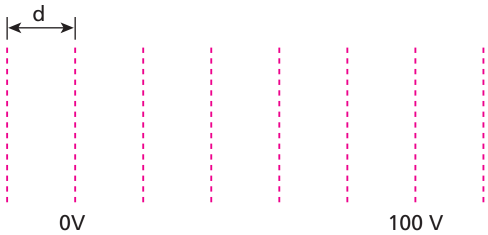
Resposta: e

41 Quando duas partículas eletrizadas, que se repelem, são aproximadas, a energia potencial do sistema formado por elas:
a) aumenta;
b) diminui;
c) fica constante;
d) diminui e logo depois aumenta;
e) aumenta e logo depois permanece constante.

Resolução:
Na Física, a busca de todo sistema é atingir uma situação de energia potencial **mínima**.
Se duas partículas se repelem, essa situação será atingida com o afastamento. Se elas são aproximadas, a energia potencial aumenta.

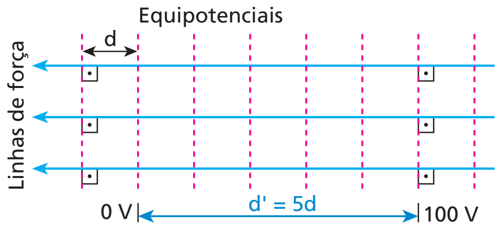
Resposta: a

42 E.R. Na figura a seguir, estão representadas as superfícies equipotenciais, planas, paralelas e separadas pela distância d = 2 cm, referentes a um campo elétrico uniforme:



Determine a intensidade, a direção e o sentido do referido campo elétrico.

Resolução:
As linhas de força de um campo elétrico têm sempre direção perpendicular às equipotenciais e sentido que vai do maior para o menor potencial. Assim, a representação esquemática do referido campo elétrico pode ser:



A intensidade desse campo elétrico uniforme pode ser calculada por:

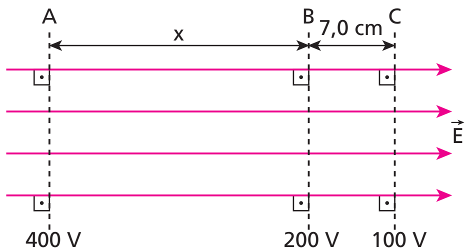
$$E\,d' = U \Rightarrow E = \frac{U}{d'} = \frac{U}{5d}$$

Como $d = 2\text{ cm} = 2 \cdot 10^{-2}$ m, temos:

$$E = \frac{100\text{ V}}{5 \cdot 2 \cdot 10^{-2}\text{ m}}$$

$$\boxed{E = 1{,}0 \cdot 10^{3}\ \frac{\text{V}}{\text{m}}}$$

43 A figura mostra linhas de força e equipotenciais de um campo elétrico uniforme:



Com os dados fornecidos, determine a distância **x** entre as equipotenciais **A** e **B**.

Resolução:
Entre B e C:
$E\,d = U_{BC}$

$E \cdot 7{,}0 = (200 \cdot 100)$

$E = \frac{100}{7{,}0}$ V/cm

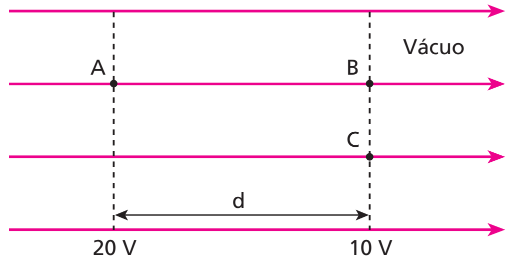
Entre A e B:
$E \cdot x = U_{AB}$

$\frac{100}{7{,}0} \cdot x = (400 - 200)$

$\boxed{x = 14\text{ cm}}$

Resposta: 14 cm

44 (UFBA – mod.) Na figura a seguir, estão representadas as linhas de força e as superfícies equipotenciais de um campo elétrico uniforme $\vec{E}$, de intensidade igual a 10^2 V/m. Uma partícula de massa igual a $2 \cdot 10^{-9}$ kg e carga elétrica de 10^{-8} C é abandonada em repouso no ponto **A**.



Desprezando-se as ações gravitacionais, é correto afirmar:
(01) A distância **d** entre as superfícies equipotenciais é 1 m.
(02) O trabalho realizado pela força elétrica, para deslocar a partícula de **A** até **B**, é 10^{-7} J.
(04) A velocidade da partícula, no ponto **B**, é 10 m/s.
(08) A soma da energia potencial com a energia cinética da partícula mantém-se constante durante seu deslocamento do ponto **A** ao ponto **B**.
(16) Colocada a partícula no ponto **C**, a sua energia potencial elétrica é maior que no ponto **B**.
Dê como resposta a soma dos números associados às afirmações corretas.

Resolução:
(01) Incorreta.
$E\,d = U$

$10^2 \cdot d = (20 - 10) \Rightarrow \boxed{d = 0{,}10\text{ m}}$

(02) Correta.
$\tau_{AB} = q\,(\nu_A - \nu_B)$

$\tau_{AB} = 10^{-8}\,(20 - 10) \Rightarrow \boxed{\tau_{AB} = 10^{-7}\text{ J}}$

(04) Correta.
Pelo TEC:
$\tau_{AB} = \Delta E_C = E_{C_B} - E_{C_A}$

$10^{-7} = \frac{m\,v_B^2}{2} - 0$

$10^{-7} = \frac{2 \cdot 10^{-9} \cdot v_B^2}{2} \Rightarrow v_B^2 = 10^2$

$\boxed{v_B = 10\text{ m/s}}$

(08) Correto.

$E_M = E_C + E_P$

Em **A**:

$E_{M_A} = 0 + q\,V_A = 10^{-8} \cdot 20 \Rightarrow \boxed{E_{M_A} = 2 \cdot 10^{-7}\ J}$

Em **B**:

$E_{M_B} = \dfrac{m\,v_B^2}{2}\,q\,V_B = \dfrac{2 \cdot 10^{-9} \cdot 10^{10}}{2} = 10^{-8} \cdot 10$

$E_{M_B} = 10^{-7} + 10^{-7}\ (J) \Rightarrow \boxed{E_{M_B} = 2 \cdot 10^{-7}\ J}$

(16) Incorreta.

$E_P = q\,\nu$

Como: $\nu_B = \nu_C$ (pertencem à mesma equipotencial)

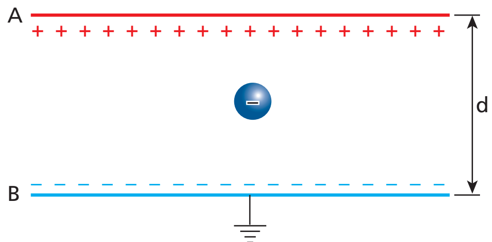
então:

$\boxed{E_{P_B} = E_{P_C}}$

A soma dos números das alternativas corretas é **14**.

Resposta: 14

45 Entre duas placas eletrizadas dispostas horizontalmente existe um campo elétrico uniforme. Uma partícula com carga de $-3{,}0\ \mu C$ e massa **m** é colocada entre as placas, permanecendo em repouso.



Sabendo que o potencial da placa **A** é de 500 V, que a placa **B** está ligada à terra, que a aceleração da gravidade no local vale 10 m/s² e que a distância **d** entre as placas vale 2,0 cm, determine a massa **m** da partícula.

Resolução:

$F_E = P \Rightarrow |q|\,E = m\,g$

Mas: $E = \dfrac{U}{d}$

Assim: $\dfrac{|q|\,U}{d} = m\,g \Rightarrow \boxed{m = \dfrac{|q|\,U}{d\,g}}$

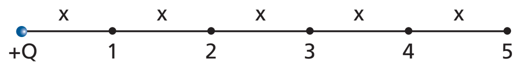
Então:

$m = \dfrac{3{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot 500}{2{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot 10}$

$\boxed{m = 7{,}5 \cdot 10^{-3}\ kg = 7{,}5\ g}$

Resposta: 7,5 g

46 (FCMSC-SP) Uma carga elétrica pontual positiva **Q** e cinco pontos 1, 2, 3, 4 e 5 estão alinhados, como mostra a figura a seguir, sendo **x** a distância de separação entre dois pontos consecutivos. Entre quais dos seguintes pontos é maior o módulo da diferença de potencial elétrico devido somente à presença dessa carga **Q**?



a) 1 e 2 b) 2 e 3 c) 2 e 4 d) 2 e 5 e) 3 e 5

Resolução:

$\nu = K\dfrac{Q}{d}$

$\nu_1 - \nu_2 = K\dfrac{Q}{x} - K\dfrac{Q}{2x} = \dfrac{KQ}{2x}$

$\nu_2 - \nu_3 = K\dfrac{Q}{2x} - K\dfrac{Q}{3x} = \dfrac{KQ}{6x}$

$\nu_2 - \nu_4 = K\dfrac{Q}{2x} - K\dfrac{Q}{4x} = \dfrac{KQ}{4x}$

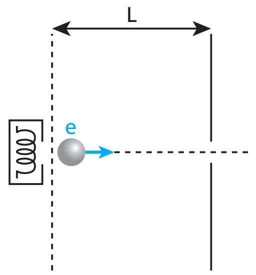
$\nu_2 - \nu_5 = K\dfrac{Q}{2x} - K\dfrac{Q}{5x} = \dfrac{3KQ}{10x}$

$\nu_3 - \nu_5 = K\dfrac{Q}{3x} - K\dfrac{Q}{5x} = \dfrac{2KQ}{15x}$

$(\nu_1 - \nu_2) > (\nu_2 - \nu_5) > (\nu_2 - \nu_4) > (\nu_2 - \nu_3) > (\nu_3 - \nu_5)$

Resposta: a

47 (Unesp-SP) Os elétrons de um feixe de um tubo de TV são emitidos por um filamento de tungstênio dentro de um compartimento com baixíssima pressão. Esses elétrons, com carga $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, são acelerados por um campo elétrico existente entre uma grade plana e uma placa, separadas por uma distância L = 12,0 cm e polarizadas com uma diferença de potencial U = 15 kV. Passam então por um orifício da placa e atingem a tela do tubo. A figura ilustra esse dispositivo.



Considerando que a velocidade inicial dos elétrons é nula, calcule:

a) o campo elétrico entre a grade e a placa, considerando que ele seja uniforme;

b) a energia cinética de cada elétron, em joule, ao passar pelo orifício.

Resolução:

a) Num CEU (campo elétrico uniforme), vale:

$E\,d = U$

Assim:

$E \cdot 12{,}0 \cdot 10^{-2} = 15 \cdot 10^3$

$\boxed{E = 1{,}25 \cdot 10^5\ V/m}$

b) Aplicando-se o TEC (Teorema da Energia Cinética), vem:

$\tau = \Delta E_C$

$q\,U = E_{C_{final}} - E_{C_{inicial}}$

Mas:

$E_{C_{inicial}} = 0$

Os elétrons partem do repouso.

Assim:

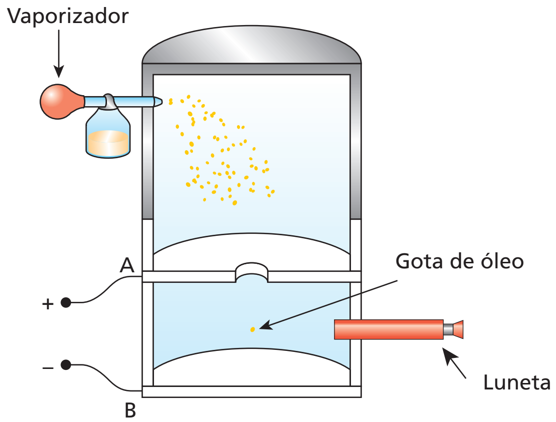
$E_{c_{final}} = q\,U$

$E_{c_{final}} = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 15 \cdot 10^3$ (J)

$\boxed{E_{c_{final}} = 2{,}4 \cdot 10^{-15}\ \text{J}}$

Respostas: a) $1{,}25 \cdot 10^5$ v/m; b) $2{,}4 \cdot 10^{-15}$ J

48 (PUC-SP) A figura esquematiza o experimento de Robert Millikan para a obtenção do valor da carga do elétron. O vaporizador borrifa gotas de óleo extremamente pequenas que, no seu processo de formação, são eletrizadas e, ao passar por um pequeno orifício, ficam sujeitas a um campo elétrico uniforme, estabelecido entre as duas placas **A** e **B**, mostradas na figura.



Variando adequadamente a tensão entre as placas, Millikan conseguiu estabelecer uma situação na qual a gotícula mantinha-se em equilíbrio. Conseguiu medir cargas de milhares de gotículas e concluiu que os valores eram sempre múltiplos inteiros de $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C (a carga do elétron).

Em uma aproximação da investigação descrita, pode-se considerar que uma gotícula de massa $1{,}2 \cdot 10^{-12}$ kg atingiu o equilíbrio entre placas separadas de 1,6 cm, estando sujeita apenas às ações dos campos elétrico e gravitacional.

Supondo que entre as placas estabeleça-se uma tensão de $6{,}0 \cdot 10^2$ V, o número de elétrons, em excesso na gotícula, será:

a) $2{,}0 \cdot 10^3$
b) $4{,}0 \cdot 10^3$
c) $6{,}0 \cdot 10^3$
d) $8{,}0 \cdot 10^3$
e) $1{,}0 \cdot 10^3$

Resolução:

No equilíbrio das gotículas, temos:

$F_e = P$

$|q|\,E = mg$

Mas, num CEU, vem:

$Ed = U \Rightarrow E = \dfrac{U}{d}$

Assim:

$|q|\,\dfrac{U}{d} = mg \Rightarrow |q|\,\dfrac{6{,}0 \cdot 10^2}{1{,}6 \cdot 10^{-2}} = 1{,}2 \cdot 10^{-12} \cdot 10$

$|q| = 3{,}2 \cdot 10^{-16}$ C

Sendo:

$|q| = n \cdot e$

vem:

$3{,}2 \cdot 10^{-16} = n \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}$

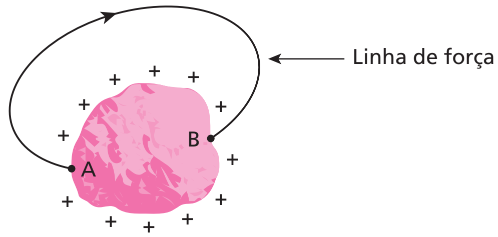
$\boxed{n = 2{,}0 \cdot 10^3 \text{ elétrons}}$

Resposta: a

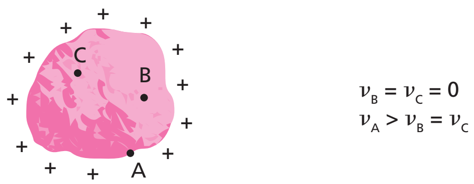
49 E.R. Nesta questão, vamos analisar algumas particularidades a respeito do **potencial elétrico** produzido por cargas existentes em condutores em **equilíbrio eletrostático**.

Observe as figuras para saber se mostram situações verdadeiras ou falsas. Dê como resposta a soma dos números associados às situações verdadeiras.

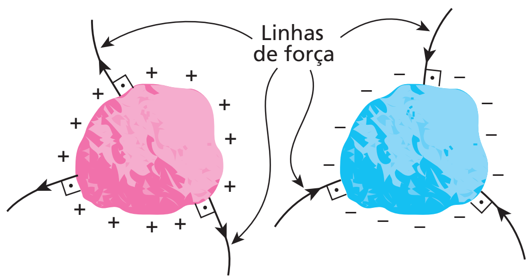
(01)



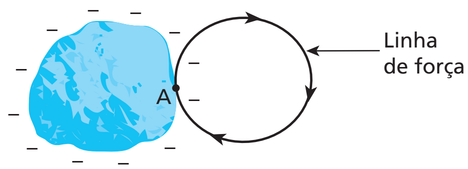
(02)



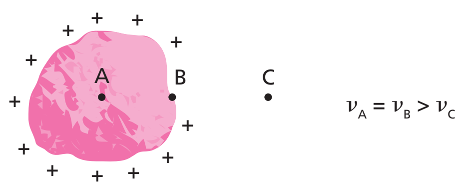
(04)



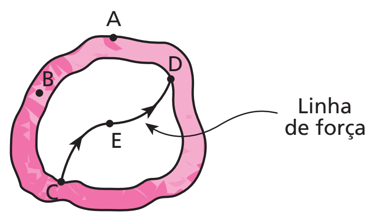
(08)



(16)



(32)



Resolução:

(01) Falsa.
Uma linha de força não pode partir de um ponto do condutor e retornar ao mesmo condutor. De fato, como o potencial decresce no sentido da linha de força, teríamos $\nu_A > \nu_B$, o que não é verdade, pois os potenciais são iguais em todos os pontos do condutor.

(02) Falsa.
O potencial é igual e positivo em todos os pontos do condutor: $\nu_A = \nu_B = \nu_C$.

(04) Verdadeira.
A superfície externa de um condutor é uma superfície equipotencial. Por isso, as linhas de força e os vetores campo elétrico $\vec{E}$ são perpendiculares a ela.

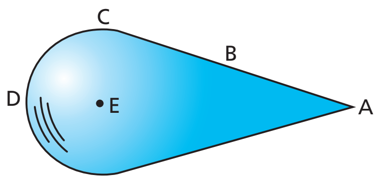
(08) Falsa.
Em nenhuma situação uma linha de força pode ser fechada, pois o potencial decresce no sentido dela.

(16) Verdadeira.
Em **A** e **B**, os potenciais são iguais. Quando nos afastamos do condutor (ponto **C**), o potencial diminui, já que a carga dele é positiva. Se fosse negativa, o potencial aumentaria.

(32) Falsa.
Em uma região onde o campo elétrico é nulo ($\vec{E} = \vec{0}$), o potencial elétrico é igual em todos os pontos. Por isso, na cavidade de um condutor oco eletrizado não pode haver linhas de força, pois o potencial elétrico é igual tanto onde existe o material condutor como na região oca: $\nu_C = \nu_E = \nu_D$.

Resposta: 20

50 A figura representa um objeto metálico, eletrizado e em equilíbrio eletrostático, em que se distinguem as regiões **A**, **B**, **C** e **D**, na superfície, e **E**, no interior.



Representando os potenciais elétricos das mencionadas regiões, respectivamente, por ν_A, ν_B, ν_C, ν_D e ν_E, é correto afirmar que:

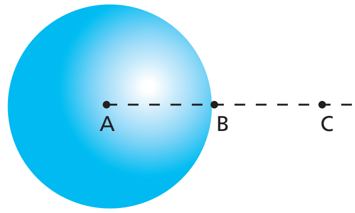
a) $\nu_A > \nu_D > \nu_C > \nu_B > \nu_E$;
b) $\nu_E > \nu_B > \nu_C > \nu_D > \nu_A$;
c) $\nu_E = 0$ e $\nu_A = \nu_B = \nu_C = \nu_D \neq 0$;
d) $\nu_A = \nu_B = \nu_C = \nu_D = \nu_E \neq 0$;
e) $\nu_E > \nu_A > \nu_D$.

Resolução:
Num condutor eletrizado e em equilíbrio eletrostático, o potencial assume valores iguais em todos os pontos da sua superfície e também em seus pontos internos.
Assim:

$$\boxed{\nu_A = \nu_B = \nu_C = \nu_D = \nu_E \neq 0}$$

Resposta: d

51 Considere um condutor esférico eletrizado negativamente e em equilíbrio eletrostático. Sejam ν_A, ν_B e ν_C os potenciais elétricos nos pontos **A**, **B** e **C** indicados na figura a seguir.



Pode-se afirmar que:

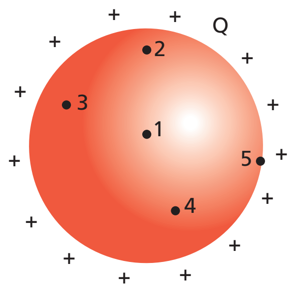
a) $\nu_A > \nu_B > \nu_C$;
b) $\nu_A = \nu_B < \nu_C$;
c) $\nu_A = \nu_B = \nu_C$;
d) $\nu_A = \nu_B > \nu_C$;
e) $\nu_A > \nu_B = \nu_C$.

Resolução:
Em **A** (ponto interno) e em **B** (ponto da superfície), os potenciais são iguais. Em **C** (ponto externo) o potencial é **maior**. Observe qua a esfera está eletrizada negativamente. Assim, o potencial aumenta quando nos afastamos das cargas.

$$\boxed{\nu_A = \nu_B < \nu_C}$$

Resposta: b

52 A figura a seguir representa uma esfera metálica eletrizada com uma carga positiva **Q**, em equilíbrio eletrostático.



A respeito da intensidade do campo elétrico **E** e do potencial elétrico ν nos pontos indicados, podemos afirmar que:

(01) $E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = E_5 = 0$.
(02) $\nu_1 = \nu_2 = \nu_3 = \nu_4 = \nu_5 > 0$.
(04) $E_1 < E_5$ e $\nu_1 < \nu_5$.
(08) $\nu_1 = \nu_2 = \nu_3 = \nu_4 = \nu_5 = 0$.
(16) $E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = 0$.
(32) $E_5 > 0$.

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

Resolução:

(01) Incorreta.
Pontos internos, intensidade do campo elétrico é nula.
$E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = 0$

(02) Correta.
Em todos os pontos, internos ou da superfície externa, o valor do potencial elétrico é o mesmo.
Assim:

$$\boxed{\nu_1 = \nu_2 = \nu_3 = \nu_4 = \nu_5 > 0}$$

(04) Incorreta.
$E_1 < E_5$ (verdadeiro)
$\nu_1 < \nu_5$ (falso)
Pois:

$$\boxed{\nu_1 = \nu_5}$$

(08) Incorreta.
Se a esfera está eletrizada com carga positiva, temos:

$$\boxed{\nu_1 = \nu_2 = \nu_3 = \nu_4 = \nu_5 > 0}$$

(16) Correta.
Nos pontos internos de um campo eletrizado e em equilíbrio eletrostático, o campo elétrico é nulo.
Assim:

$$\boxed{E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = 0}$$

(32) Correta.
Na superfície, o vetor campo elétrico ele é não-nulo.
Assim:

$$\boxed{E_5 > 0}$$

Resposta: 50

53 E.R. Uma esfera condutora de 30 cm de raio é eletrizada com uma carga de 8,0 μC. Supondo atingido o equilíbrio eletrostático, determine:
a) o potencial da esfera;
b) o potencial de um ponto externo localizado a 60 cm da superfície da esfera.
Dado: constante eletrostática do meio: $K_0 = 9{,}0 \cdot 10^9\ N\ m^2\ C^{-2}$
Resolução:
a) O potencial da esfera condutora é calculado pela relação:

$$\nu_e = K\frac{Q}{r}$$

Assim:

$$\nu_e = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{8{,}0 \cdot 10^{-6}}{0{,}30}$$

$$\boxed{\nu_e = 2{,}4 \cdot 10^5\ V}$$

b) Para pontos externos à esfera, a expressão do potencial passa a ser:

$$\nu_{ext} = K\frac{Q}{d}$$

em que **d** é a distância do ponto considerado ao centro da esfera.
Nesse caso, temos:

$$d = 60\ cm + 30\ cm \Rightarrow d = 0{,}90\ m$$

Assim:

$$\nu_{ext} = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{8{,}0 \cdot 10^{-6}}{0{,}90}$$

$$\boxed{\nu_{ext} = 8{,}0 \cdot 10^4\ V}$$

54 Que carga elétrica deve possuir uma esfera condutora de 60 cm de raio para que, no vácuo, adquira um potencial igual a –120 kV?
Dado: constante eletrostática do vácuo = $9{,}0 \cdot 10^9\ N\ m^2\ C^{-2}$

Resolução:

$$\nu = K\frac{Q}{R}$$

$$-120 \cdot 10^3 = 9{,}0 \cdot 10^9 \frac{Q}{0{,}60}$$

$$Q = -8{,}0 \cdot 10^{-6}\ C$$

$$\boxed{Q = -8{,}0\ \mu C}$$

Resposta: –8,0 μC

55 Uma esfera condutora em equilíbrio eletrostático possui raio de 20 cm e uma carga elétrica Q = +4,0 μC. Qual a intensidade do campo elétrico e qual o valor do potencial elétrico em um ponto situado a 10 cm do centro da esfera?
Dado: $K_0 = 9{,}0 \cdot 10^9\ N\ m^2\ C^{-2}$

Resolução:
O ponto considerado é um ponto interno ao condutor.
Assim:

$$\boxed{E_P = 0}$$

$$\nu_P = K\frac{Q}{R}$$

$$\nu_P = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4{,}0 \cdot 10^{-6}}{0{,}20}$$

$$\boxed{\nu_P = 1{,}8 \cdot 10^5\ V}$$

Respostas: zero; $1{,}8 \cdot 10^5$ V

56 Uma esfera metálica oca possui diâmetro de 2,0 m e é eletrizada com carga elétrica positiva de $8{,}0 \cdot 10^{-8}$ C. O meio que a envolve é o vácuo ($K = 9 \cdot 10^9\ N\ m^2\ C^{-2}$) e não existem outras cargas elétricas provocando influências nessa região.
Atingido o equilíbrio eletrostático, determine o potencial elétrico:
a) da esfera;
b) em um ponto distante 12 m do centro da esfera;
c) em um ponto situado a 10 cm do centro da esfera.

Resolução:
Esfera de diâmetro 2,0 m, então
R = 1,0 m = 100 cm

a) $\nu_e = K\frac{Q}{r}$

$$\nu_e = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{8{,}0 \cdot 10^{-6}}{1{,}0}$$

$$\boxed{\nu_E = 720\ V}$$

b) $\nu = K\frac{Q}{r}$

$$\nu = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{8{,}0 \cdot 10^{-6}}{12}$$

$$\boxed{\nu = 60\ V}$$

c) Esse ponto é interno à esfera, Assim:

$$\boxed{\nu = \nu_E = 720\ V}$$

Respostas: a) 720 V; b) 60 V; c) 720 V

57 (Unip-SP) A respeito das linhas de força de um campo eletrostático, indique a opção **falsa**:

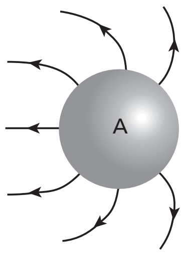
a) À medida que caminhamos ao longo da linha de força e no seu sentido, o potencial elétrico vai diminuindo.
b) As linhas de força não podem ser fechadas.
c) As linhas de força encontram perpendicularmente as superfícies equipotenciais.
d) No interior de um condutor em equilíbrio eletrostático, não existem linhas de força.
e) A linha de força pode "nascer" e "morrer" em um mesmo condutor em equilíbrio eletrostático.

Resolução:
Uma linha de força **não** pode "sair" e "chegar" em um mesmo condutor em equilíbrio eletrostático.
Observe que o potencial elétrico deve diminuir ao longo da linha de força, no sentido dela. Se voltamos para o mesmo condutor, o potencial final é igual ao inicial.

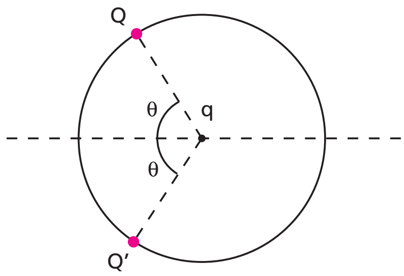
Resposta: e

58 (UFU-MG) Em relação a cargas elétricas, campo elétrico e potencial elétrico é correto afirmar:

a) Três corpos **A**, **B** e **C** estão eletrizados. Se **A** atrai **B** e **B** repele **C**, então **A** e **C** têm cargas de mesmos sinais.
b) Na figura abaixo, temos a configuração das linhas de força do campo elétrico criado por uma esfera **A**, eletricamente carregada em presença de um objeto **B** à sua direita (não mostrado na figura). Portanto, **A** e **B** são positivos ou negativos.



c) Três cargas elétricas **Q**, **Q´** e **q** estão dispostas conforme a figura abaixo. Sendo **Q** e **Q´** iguais e positivas, **q** sofrerá ação de uma força na direção horizontal, independentemente de seu sinal.



d) Uma esfera metálica eletrizada, em equilíbrio eletrostático, produz linhas equipotenciais radiais.
e) O potencial elétrico no interior de uma esfera condutora carregada é nulo.

Resolução:
a) Falsa.
A atrai **B**.
1) A(+) ou neutro
B(–)
2) A(–) ou neutro
B (+)
B repele **C**.
1) B (+)
C (+)
2) B (–)
C (–)
Observe que **A** em carga de sinal oposto ao de **C** ou **A** é neutro.
b) Falsa.
A é positivo (linhas de força "saem" de **A**).
c) Verdadeira.
A soma das forças que **Q** e **Q'** aplicam em **q** é horizontal, independentemente do sinal de **q**.
d) Falsa.
As equipotenciais são circulares envolventes à esfera.
e) Falsa.
$V_{(interno)} \neq 0$

Resposta: c

59 (Ufal) Eletrizamos os condutores esféricos 1, 2, 3, 4 e 5, bem distantes uns dos outros. Na tabela a seguir, estão anotados as cargas elétricas e os potenciais atingidos por eles.

Condutor	Carga elétrica (C)	Potencial na superfície (V)
1	$2,0 \cdot 10^{-9}$	200
2	$4,0 \cdot 10^{-9}$	400
3	$6,0 \cdot 10^{-9}$	100
4	$12 \cdot 10^{-9}$	800
5	$16 \cdot 10^{-9}$	800

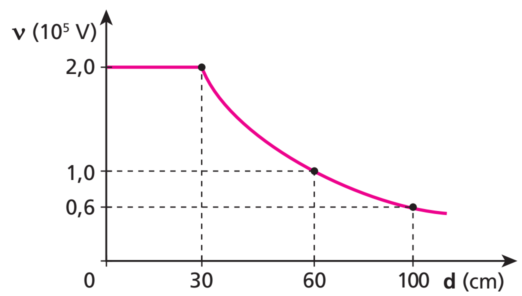
Dentre esses condutores, aquele que tem maior diâmetro é o:
a) 1. b) 2. c) 3. d) 4. e) 5.

Dado: $K = 9 \cdot 10^9 \dfrac{N\,m^2}{C^2}$

Resolução:
$$v = K\frac{Q}{r}$$
em que R é o raio do condutor esférico.
$$200 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2,0 \cdot 10^{-9}}{R_1} \Rightarrow R_1 = 0,09 \text{ m} = 9,0 \text{ cm}$$
$$400 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4,0 \cdot 10^{-9}}{R_2} \Rightarrow R_2 = 0,09 \text{ m} = 9,0 \text{ cm}$$
$$100 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{6,0 \cdot 10^{-9}}{R_4} \Rightarrow R_4 = 0,54 \text{ m} = 54 \text{ cm}$$
$$800 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{12 \cdot 10^{-9}}{R_4} \Rightarrow R_4 = 0,135 \text{ m} = 13,5 \text{ cm}$$
$$800 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{16 \cdot 10^{-9}}{R_5} \Rightarrow R_5 = 0,18 \text{ m} = 18 \text{ cm}$$

Resposta: c

60 E.R. O gráfico a seguir representa o potencial criado por uma esfera condutora eletrizada em função da distância ao seu centro:



Considerando a constante eletrostática do meio igual a $1,0 \cdot 10^{10}$ Nm² C⁻², determine:

a) o raio da esfera;

b) a carga elétrica existente na esfera.

Resolução:

a) O raio da esfera é lido diretamente no gráfico:

$$\boxed{r = 30 \text{ cm}}$$

Observe que o potencial começa a variar apenas em pontos externos à esfera.

b) Da expressão do potencial da esfera:

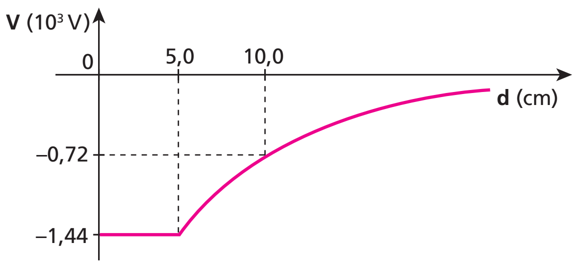
$$\nu_e = K\frac{Q}{r}$$

tem-se: $$Q = \frac{\nu_e\, r}{K}$$

Assim, do gráfico, vem:

$$Q = \frac{2,0 \cdot 10^5 \cdot 0,30}{1,0 \cdot 10^{10}} \Rightarrow \boxed{Q = 6,0\ \mu C}$$

61 (Mack-SP)



Dados:
carga do elétron $= -1,6 \cdot 10^{-19}$ C
carga do próton $= +1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Ao eletrizarmos uma esfera metálica no vácuo ($K_0 = 9 \cdot 10^9$ Nm²/C²), o potencial elétrico **V** por ela adquirido, em relação ao infinito, varia em função da distância **d** ao seu centro, conforme o gráfico acima. Dessa forma, podemos afirmar que nessa esfera existem:

a) $5 \cdot 10^{10}$ prótons a mais que o número de elétrons.

b) $1 \cdot 10^{11}$ prótons a mais que o número de elétrons.

c) $1 \cdot 10^{9}$ elétrons a mais que o número de prótons.

d) $5 \cdot 10^{10}$ elétrons a mais que o número de prótons.

e) $1 \cdot 10^{11}$ elétrons a mais que o número de prótons.

Resolução:

$$\nu_e = K\frac{Q}{r}$$

$$-1,44 \cdot 10^3 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{n\,e}{5,0 \cdot 10^{-2}}$$

$$-8 \cdot 10^{-9} = n\,(-1,6 \cdot 10^{-19})$$

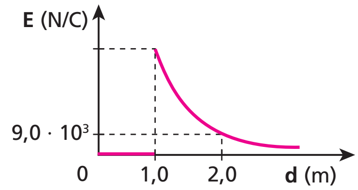
$$n = 5 \cdot 10^{10} \text{ elétrons}$$

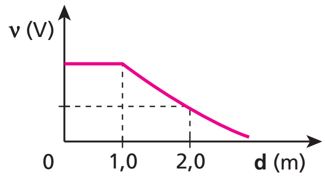
Como o potencial da esfera é negativo, ela possui elétrons em excesso.

Resposta: d

62 (Puccamp-SP) Uma esfera metálica oca encontra-se no ar, eletrizada positivamente e isolada de outras cargas. Os gráficos abaixo representam a intensidade do campo elétrico e do potencial elétrico criado por essa esfera em função da distância ao seu centro.

Dado: $K = 9,0 \cdot 10^9 \dfrac{N\,m^2}{C^2}$





Com base nas informações, é correto afirmar que:

a) a carga elétrica do condutor é $4,5 \cdot 10^{-6}$ C.

b) o potencial elétrico no interior do condutor é nulo.

c) o potencial elétrico do condutor vale $3,6 \cdot 10^4$ V.

d) o potencial elétrico de um ponto a 2,0 m do centro do condutor vale $9,0 \cdot 10^3$ V.

e) a intensidade do campo elétrico em um ponto a 3,0 m do centro do condutor vale $6,0 \cdot 10^3$ N/C.

Resolução:

a) Incorreto.

Usando o gráfico do campo elétrico, temos:

$$E = K\frac{|Q|}{d^2}$$

$$9 \cdot 10^3 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|Q|}{(2,0)^2}$$

$$\boxed{|Q| = 4,0 \cdot 10^{-6}\ C}$$

b) Incorreto.

O potencial no interior do condutor é igual ao da superfície externa ($\nu \neq 0$)

c) Correto.

$$\nu = K\frac{Q}{R} \Rightarrow \nu = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4,0 \cdot 10^{-6}}{1,0}$$

$$\boxed{\nu = 3,6 \cdot 10^4\ V}$$

d) Incorreto.

$$\nu = K\frac{Q}{d} \Rightarrow \nu = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4,0 \cdot 10^{-6}}{2,0}$$

$$\boxed{\nu = 1,8 \cdot 10^4\ V}$$

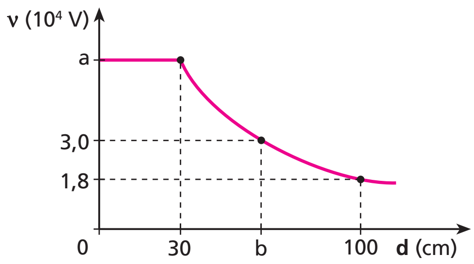
e) Incorreto.

$$E = K\frac{|Q|}{d^2}$$

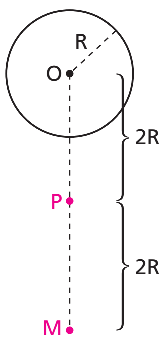
$$E = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4,0 \cdot 10^{-6}}{(2,0)^2} \Rightarrow \boxed{E = 9,0 \cdot 10^3\ N/C}$$

Resposta: c

63 No campo elétrico criado por uma esfera eletrizada com carga **Q**, o potencial varia com a distância ao centro dessa esfera, conforme o gráfico a seguir. Sabendo que o meio que envolve a esfera tem constante eletrostática igual a $9{,}0 \cdot 10^9$ N m² C⁻², determine os valores de **a** e de **b**, indicados no gráfico, bem como o da carga **Q** da esfera.



(Puccamp-SP) Instruções: Para responder às questões de números **64** e **65**, considere as informações e a figura a seguir.
Uma esfera condutora de raio **R**, eletrizada com carga $2\pi R^2 \cdot 10^{-9}$ C, gera um campo elétrico à sua volta. O campo tem intensidade **E** no ponto **P** representado na figura.



Resolução:

$$\nu_{ext} = K\frac{Q}{d}$$

Do gráfico, temos:

$$1{,}8 \cdot 10^4 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q}{1{,}0}$$

$$\boxed{Q = 2{,}0\ \mu C}$$

Ainda do gráfico, vem:

$$a = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{2{,}0 \cdot 10^{-6}}{0{,}30}$$

$$\boxed{a = 6{,}0 \cdot 10^4\ V}$$

$$3{,}0 \cdot 10^4 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2{,}0 \cdot 10^{-6}}{b}$$

$$\boxed{b = 60\ cm}$$

Respostas: a = $6{,}0 \cdot 10^4$ V; b = 60 cm; Q = 2,0 μC

64 Sendo a constante eletrostática igual a $9{,}0 \cdot 10^9$ N m²/C², o potencial eletrostático no ponto **P**, em volts, é igual a:

a) $2\pi R$; b) $3\pi R$; c) $9\pi R$; d) $3\pi R^2$; e) $9\pi R^2$.

Resolução:

Em **P**, temos:

$$\nu = K\frac{Q}{d}$$

$$\nu_P = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2\pi R^2 \cdot 10^{-9}}{2R}$$

$$\boxed{\nu_P = 9\pi R}$$

Resposta: c

65 Aumentando-se a carga da esfera até que ela fique com densidade superficial de carga igual a $2{,}0 \cdot 10^{-9}$ C/m², o campo elétrico gerado no ponto **M**, também representado, terá intensidade:

a) E; b) 2E; c) 3E; d) 4E; e) 8E.

Resolução:

1) Densidade de cargas:

$$\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{4\pi R^2}$$

$$2{,}0 \cdot 10^{-9} = \frac{Q}{4\pi R^2}$$

$$Q = 8{,}0\,\pi R^2 \cdot 10^{-9}\ C$$

2) Em **P**, temos:

$$E_P = K\frac{Q}{(2R)^2}$$

3) Em **M**, temos:

$$E_M = K\frac{Q}{(4R)^2} = K\frac{Q}{4(2R)^2}$$

$$E_M = K\frac{E_P}{4}$$

4) No início, em **P**:

$$E_P = K\frac{Q}{(2R)^2}$$

No final, em **P**, após fazermos Q' = 4Q, temos:

$$E_P = K\frac{4Q}{(2R)^2} = 4E$$

5) No final, em **M**, temos:

$$E_M = \frac{E_P}{4} = \frac{4E}{4}$$

$$\boxed{E_M = E}$$

Resposta: a

66 Analise as proposições seguintes:

I. A capacitância de um condutor depende do material de que ele é feito.
II. Num condutor esférico, a capacitância é tanto maior quanto maior é o seu raio.
III. Dois condutores esféricos, um de cobre e outro de alumínio, de mesmo raio e em um mesmo meio, possuem capacitâncias iguais.

Responda de acordo com o código.

a) Se todas estiverem corretas.
b) Se apenas I estiver correta.
c) Se apenas II e III estiverem corretas.
d) Se apenas III estiver correta.
e) Se todas estiverem incorretas.

Resolução:
I) Incorreta.
A capacitância de um condutor depende apenas das suas características geométricas (forma e tamanho) e do meio em que se encontra.
II) Correta.
$C = \frac{R}{K}$
III) Correta.

Resposta: c

67 (PUC-MG) Uma carga positiva **Q** está distribuída sobre uma esfera de raio **R** fabricada com um material condutor que pode ser inflado. A esfera é inflada até que o novo raio seja o dobro do anterior.

Nessa condição final, é correto dizer que:
a) o potencial e a capacitância dobram de valor.
b) o potencial fica reduzido à metade e a capacitância dobra de valor.
c) o potencial e a capacitância ficam reduzidos à metade do valor inicial.
d) o potencial e a capacitância não mudam.
e) o potencial não muda e a capacitância fica reduzida à metade.

Resolução:
1) $\nu = K\frac{Q}{R}$
Se **R** dobra, ν é reduzido à metade.

2) $C = \frac{R}{K}$
Se **R** dobra, **C** também dobra.

Resposta: b

68 (PUC-MG) Uma esfera condutora de raio **R** possui carga negativa de valor **Q**. De repente, sua carga dobra de valor. Nessa condição final, é correto afirmar:
a) o potencial e a capacitância dobram de valor.
b) o potencial fica reduzido à metade e a capacitância dobra de valor.
c) o potencial e a capacitância ficam reduzidos à metade do valor inicial.
d) o potencial dobra e a capacitância não muda.
e) o potencial não muda e a capacitância fica reduzida à metade.

Resolução:
1) $\nu = K\frac{Q}{R}$
Se **Q** dobra, ν também dobra.

2) $C = \frac{Q}{\nu}$
Se **Q** dobra, ν também dobra e **C** não sofre alteração.

Resposta: d

69 E.R. Uma esfera condutora neutra de 7,2 cm de raio encontra-se no vácuo, onde a constante eletrostática vale $9{,}0 \cdot 10^9$ N m² C⁻². Determine:
a) a capacitância da esfera;
b) o potencial atingido pela esfera, quando recebe uma carga igual a 1,6 μC.

Resolução:
a) A capacitância de um condutor esférico pode ser calculada pela relação:
$$C = \frac{r}{K}$$
Assim, sendo $r = 7{,}2 \text{ cm} = 7{,}2 \cdot 10^{-2}$ m e $K_0 = 9{,}0 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$, temos:
$$C = \frac{7{,}2 \cdot 10^{-2}}{9{,}0 \cdot 10^9} \Rightarrow C = 8{,}0 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$
$$\boxed{C = 8{,}0 \text{ pF}}$$
b) Para qualquer condutor, vale a expressão:
$$C = \frac{Q}{\nu} \Rightarrow \nu = \frac{Q}{C}$$
Assim, sendo $Q = 1{,}6\ \mu\text{C} = 1{,}6 \cdot 10^{-6}$ C e
$C = 8{,}0 \text{ pF} = 8{,}0 \cdot 10^{-12}$ F, obtemos:
$$\nu = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-6}}{8{,}0 \cdot 10^{-12}} \Rightarrow \boxed{\nu = 2{,}0 \cdot 10^5 \text{ volts}}$$

70 Um condutor esférico, ao ser eletrizado com uma carga de 3,0 μC, adquire um potencial de 5,0 kV. Determine:
a) a capacitância do condutor;
b) o seu raio.
Dado: constante eletrostática do meio = $9{,}0 \cdot 10^9$ N m² C⁻²

Resolução:
a) $C = \frac{Q}{\nu}$

$C = \frac{3{,}0 \cdot 10^{-6}}{5{,}0 \cdot 10^3} \Rightarrow \boxed{C = 0{,}6 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 0{,}6 \text{ nF}}$

b) $C = \frac{Q}{R}$

$0{,}6 \cdot 10^{-9} = \frac{R}{9 \cdot 10^9} \Rightarrow \boxed{R = 5{,}4 \text{ m}}$

Respostas: a) 0,6 nF; b) 5,4 m

71 Se a Terra for considerada um condutor esférico (R = 6 400 km), situado no vácuo, qual será sua capacitância?
Dado: $K_0 = 9{,}0 \cdot 10^9$ N m² C⁻²

Resolução:
$C = \frac{Q}{R}$

$C = \frac{6\,400\,000}{9 \cdot 10^9}$

$\boxed{C \cong 711\ \mu\text{F}}$

Resposta: 711 μF

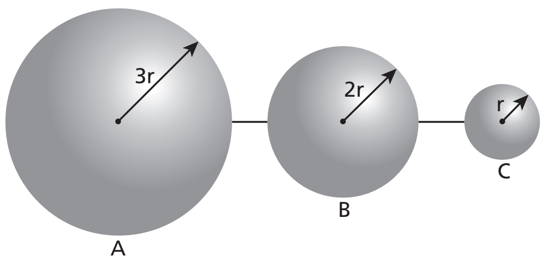
72 (Olimpíada Brasileira de Física) Duas esferas de raio $\mathbf{R_1} \neq \mathbf{R_2}$ estão carregadas com cargas $\mathbf{Q_1}$ e $\mathbf{Q_2}$, respectivamente. Ao conectá-las, por um fio condutor fino, é correto afirmar que:

a) suas cargas serão iguais.
b) a esfera de menor raio terá maior carga.
c) as cargas nas esferas serão proporcionais ao inverso de seus raios.
d) a diferença de potencial entre as esferas será nula.
e) o potencial é maior na esfera de raio menor.

Resolução:
Ao conectarmos as esferas condutoras, as cargas elétricas irão se distribuir até que ocorra o equilíbrio eletrostático entre elas. Isso ocorre quando as potenciais elétricas das esferas tornam-se iguais.
Assim, a diferença de potencial entre elas será zero.

Resposta: d

73 Três esferas condutoras de raios 3r, 2r e **r** encontram-se ligadas por fios condutores:



Antes das ligações, a esfera **A** tinha carga **Q** e as esferas **B** e **C** tinham carga nula. No equilíbrio eletrostático do sistema, as superfícies esféricas:

I. estão em um mesmo potencial;
II. têm a mesma carga $\frac{Q}{3}$;
III. de maior carga têm maior potencial;
IV. têm o mesmo potencial; logo, suas cargas são diferentes.

Quais dessas quatro afirmações são corretas?

Resolução:
I) Correta.
O equilíbrio eletrostático ocorre quando os potenciais das esferas tornam-se iguais.

II) Incorreta.
A carga adquirida é proporcional à capacitância do condutor:
$Q = C\,\nu$ (ν igual para todos)

Como: $C = \frac{Q}{R}$

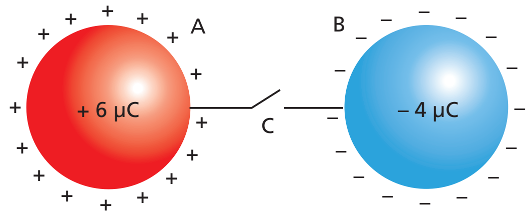
Então, a carga adquirida é proporcional ao raio da esfera. A esfera maior fica com carga elétrica maior.

III) Incorreta.
Os potenciais finais são iguais.

IV) Correta.
Os potenciais são iguais, e as cargas elétricas são proporcionais aos raios das esferas.
I e IV estão corretas.

Resposta: I e IV

74 (PUC-RS) Duas esferas condutoras de iguais dimensões, **A** e **B**, estão eletricamente carregadas como indica a figura, sendo unidas por um fio condutor no qual há uma chave **C** inicialmente aberta.



Quando a chave é fechada, passam elétrons:

a) de **A** para **B**, e a nova carga de **A** é +2 μC.
b) de **A** para **B**, e a nova carga de **B** é –1 μC.
c) de **B** para **A**, e a nova carga de **A** é +1 μC.
d) de **B** para **A**, e a nova carga de **B** é –1 μC.
e) de **B** para **A**, e a nova carga de **A** é +2 μC.

Resolução:
Como $R_A = R_B$, temos $C_A = C_B$ e as cargas finais também serão iguais:

$$Q_f = \frac{Q_A + Q_B}{2}$$

$$Q_f = \frac{6\,\mu + (-4\,\mu)}{2} \Rightarrow \boxed{Q_f = 1\,\mu C}$$

Assim, o condutor **A** recebe elétrons para que sua carga diminuísse de +6 μC para +1 μC.

Resposta: c

75 E.R. Qual será a energia potencial eletrostática armazenada em um condutor de capacitância igual a 5,0 nF se ele for eletrizado com uma carga de 6,0 μC?

Resolução:
A energia potencial eletrostática armazenada em um condutor eletrizado pode ser calculada pelas expressões:

$$E_p = \frac{Q\,\nu}{2} = \frac{C\,\nu^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

Utilizando os dados fornecidos, temos:

$$E_p = \frac{Q^2}{2C} = \frac{(6{,}0 \cdot 10^{-6})^2}{2 \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-9}}$$

$$\boxed{E_p = 3{,}6 \cdot 10^{-3}\,J}$$

76 Analise as proposições seguintes:

I. Um condutor somente possui energia potencial elétrica quando está eletrizado.
II. Dois condutores eletrizados com cargas elétricas iguais possuem iguais quantidades de energia potencial elétrica.
III. Dois condutores **A** e **B** de capacitâncias C_A e C_B, tal que $C_A = 2C_B$, eletrizados com cargas Q_A e Q_B, tal que $Q_A = 2Q_B$, armazenam energias potenciais elétricas E_A e E_B, tal que $E_A = E_B$.

Responda de acordo com o código:

a) Se todas estiverem corretas.
b) Se somente I estiver correta.
c) Se somente II e III estiverem corretas.
d) Se somente II estiver correta.
e) Se todas estiverem incorretas.

Resolução:
I) Incorreta. Um condutor neutro pode adquirir energia potencial elétrica ao ser posicionado em uma região onde existe um campo elétrico gerado por outro condutor eletrizado.

II) Incorreta. A energia potencial elétrica de um condutor eletrizado é junção da sua carga elétrica e também da sua capacitância.

$$E_p = \frac{Q^2}{2C}$$

III) Incorreta.

$$E_p = \frac{Q^2}{2C}$$

$$E_A = \frac{Q_A^2}{2C_A} = \frac{(2Q_B)^2}{2(2C_B)} = \frac{4Q_B^2}{2 \cdot 2C_B} = 2\,\frac{Q_B^2}{2C_B} = 2E_B$$

$$\boxed{E_A = 2E_B}$$

Resposta: e

77 Que carga elétrica deve ser fornecida a um condutor de capacitância igual a 4,0 pF para que ele adquira uma energia potencial eletrostática de $5{,}0 \cdot 10^5$ J?

Resolução:

$$E_p = \frac{Q^2}{2C}$$

$$5{,}0 \cdot 10^5 = \frac{Q^2}{2 \cdot 4{,}0 \cdot 10^{-12}}$$

$$Q^2 = 4 \cdot 10^{-6}$$

$$Q = 2{,}0 \cdot 10^{-3}\,C$$

$$\boxed{Q = 2{,}0\ mC}$$

Resposta: 2,0 mC

78 Qual a capacitância de um condutor que, quando eletrizado com uma carga de 4,0 μC, adquire $1{,}0 \cdot 10^{-3}$ J de energia potencial eletrostática?

Resolução:

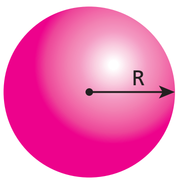
$$E_p = \frac{Q^2}{2C}$$

$$C = \frac{Q^2}{2E_p} = \frac{(4{,}0 \cdot 10^{-6})^2}{2 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-3}}$$

$$\boxed{C = 8{,}0\ nF}$$

Resposta: 8,0 nF

79 (Unaerp-SP) Seja um condutor esférico de raio **R**, no vácuo, isolado e com potencial **V**. Indique a opção que contenha o valor da energia eletrostática armazenada nesse condutor:



a) $\dfrac{0{,}25 R V^2}{\pi \varepsilon_0}$.

b) $\dfrac{4\pi \varepsilon_0}{R V}$.

c) $4\pi \varepsilon_0 R V$.

d) $\dfrac{0{,}25 R V}{\pi \varepsilon_0}$.

e) $2\pi \varepsilon_0 R V^2$.

Resolução:

$$E_p = \frac{C\nu^2}{2}$$

Como:

$$C = \frac{R}{K}$$

e $K = \dfrac{1}{4\pi \varepsilon_0}$,

temos:

$$E_p = \frac{R\nu^2}{K2} = \frac{R\nu^2}{\frac{1}{4\pi \varepsilon_0} \cdot 2} \Rightarrow \boxed{E_p = 2\pi \varepsilon_0 R V^2}$$

Resposta: e

80 E.R. Dois condutores **A** e **B**, de capacitâncias $C_A = 1{,}0$ nF e $C_B = 4{,}0$ nF, estão eletrizados com cargas $Q_A = 6{,}0$ μC e $Q_B = 4{,}0$ μC. Colocam-se os dois condutores em contato, isolando-os após a separação. Determine:

a) o potencial de cada condutor antes do contato;
b) o potencial comum após o contato;
c) as cargas existentes em cada condutor após o contato.

Resolução:

a) Usando a definição de capacitância, temos:

$$C = \frac{Q}{\nu} \Rightarrow \nu = \frac{Q}{C}$$

Para o condutor **A**:

$$\nu_A = \frac{Q_A}{C_A} = \frac{6{,}0 \cdot 10^{-6}\,C}{1{,}0 \cdot 10^{-9}\,F}$$

$$\boxed{\nu_A = 6{,}0 \cdot 10^3\,V}$$

Para o condutor **B**:

$$\nu_B = \frac{Q_B}{C_B} = \frac{4{,}0 \cdot 10^{-6}}{4{,}0 \cdot 10^{-9}}$$

$$\boxed{\nu_B = 1{,}0 \cdot 10^3\,V}$$

b) O potencial comum de equilíbrio eletrostático é dado por:

$$\nu = \frac{Q_A + Q_B}{C_A + C_B}$$

Assim, temos:

$$\nu = \frac{6{,}0 \cdot 10^{-6} + 4{,}0 \cdot 10^{-6}}{1{,}0 \cdot 10^{-9} + 4{,}0 \cdot 10^{-9}} = \frac{10 \cdot 10^{-6}}{5{,}0 \cdot 10^{-9}}$$

$$\boxed{\nu = 2{,}0 \cdot 10^3\,V}$$

c) A carga existente nos condutores **A** e **B**, após o contato, é calculada por:

$$C = \frac{Q}{\nu} \Rightarrow Q = C\,\nu$$

Assim, para o condutor **A**:

$$Q'_A = C_A\,\nu$$

$$Q'_A = 1{,}0 \cdot 10^{-9} \cdot 2{,}0 \cdot 10^3$$

$$\boxed{Q'_A = 2{,}0\ \mu C}$$

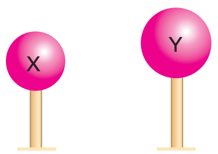
Para o condutor **B**, pode-se aplicar o **Princípio da Conservação das Cargas Elétricas**:

$$Q_A + Q_B = Q'_A + Q'_B$$

$$6{,}0\ \mu C + 4{,}0\ \mu C = 2{,}0\ \mu C + Q'_B$$

$$\boxed{Q'_B = 8{,}0\ \mu C}$$

81 (Uece) Considere duas esferas metálicas, **X** e **Y**, sobre suportes isolantes e carregadas positivamente.



A carga de **X** é **2Q** e a de **Y** é **Q**. O raio da esfera **Y** é o dobro do raio da esfera **X**. As esferas são postas em contato por meio de um fio condutor, de capacidade elétrica irrelevante, até ser estabelecido o equilíbrio eletrostático. Nessa situação, as esferas **X** e **Y** terão cargas elétricas respectivamente iguais a:

a) Q e 2Q.

b) 2Q e Q.

c) $\frac{3Q}{2}$ e $\frac{3Q}{2}$.

d) $\frac{Q}{2}$ e Q.

Resolução:

O potencial de equilíbrio é dado por:

$$\nu_e = \frac{Q_x + Q_y}{C_x + C_y}$$

$$\nu_e = \frac{2Q + Q}{\frac{R_x}{K} + \frac{R_y}{K}} = \frac{3KQ}{R_x + R_y} \Rightarrow \nu_e = \frac{3K\,Q}{R + 2R}$$

$$\nu_e = \frac{K\,Q}{R} \text{ (em que } R = R_x)$$

Assim, no final, temos:

$$Q'_x = C_x\,\nu_e = \frac{R}{K} \cdot \frac{KQ}{R} \Rightarrow \boxed{Q'_x = Q}$$

$$Q'_y = C_y\,\nu_e = \frac{2R}{K} \cdot \frac{KQ}{R} \Rightarrow \boxed{Q'_x = 2Q}$$

Resposta: a

82 Dois condutores **A** e **B**, eletrizados com cargas Q_A = 12 μC e Q_B = 9,0 μC, têm potenciais ν_A = 300 V e ν_B = 450 V, respectivamente. Faz-se contato entre os condutores, após o qual eles são colocados a uma grande distância um do outro. Determine:

a) as capacitâncias dos condutores;

b) o potencial comum de equilíbrio eletrostático;

c) a carga de cada condutor após o contato.

Resolução:

a) $C = \frac{Q}{\nu}$

$$C_A = \frac{Q_A}{\nu_A} \Rightarrow C_A = \frac{12 \cdot 10^{-6}}{300} \Rightarrow \boxed{C_A = 40 \text{ nF}}$$

$$C_B = \frac{Q_B}{\nu_B} \Rightarrow C_B = \frac{9{,}0 \cdot 10^{-6}}{450} \Rightarrow \boxed{C_B = 20 \text{ nF}}$$

b) $\nu = \frac{Q_A + Q_B}{C_A + C_B} + \frac{12 \cdot 10^{-6} + 9{,}0 \cdot 10^{-6}}{40 \cdot 10^{-9} + 20 \cdot 10^{-9}}$

$$\boxed{\nu = 350 \text{ volts}}$$

c) $Q = C\,\nu$

$$Q'_A = C_A\,\nu \Rightarrow Q'_A = 40 \cdot 10^{-9} \cdot 350$$

$$\boxed{Q'_A = 14\ \mu C}$$

$$Q'_B = C_B\,\nu \Rightarrow Q'_B = 20 \cdot 10^{-9} \cdot 350$$

$$\boxed{Q'_B = 7{,}0\ \mu C}$$

Respostas: a) 40 nF e 20 nF; b) 350 ν; c) 14 μC e 7,0 μC

83 Uma esfera condutora de raio r_1 = 5 cm está eletrizada com uma carga $Q_1 = 2 \cdot 10^{-9}$ C. Uma segunda esfera, de raio r_2 = 10 cm, inicialmente neutra, é colocada em contato com a primeira, sendo afastada em seguida. Determine:

a) o potencial elétrico da primeira esfera antes do contato;

b) seu novo potencial elétrico após o contato com a segunda esfera.

Dado: constante eletrostática do meio = $9 \cdot 10^9$ N m² C⁻²

Resolução:

a) $\nu = K\frac{Q}{r}$

$$\nu_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-9}}{0{,}05} \Rightarrow \boxed{\nu_1 = 360 \text{ V}}$$

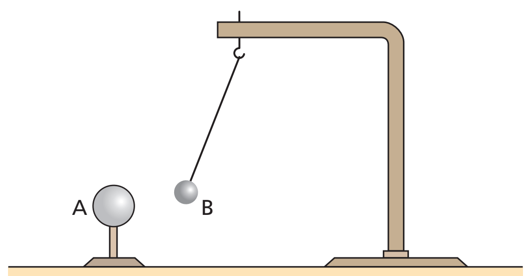
b) $\nu_e = \frac{Q_1 + Q_2}{C_1 + C_2}$

$$\nu_e = \frac{Q_1}{\frac{r_1}{K} + \frac{r_2}{K}} = K\frac{Q_1}{(r_1 + r_2)}$$

$$\nu_e = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-9}}{0{,}05 + 0{,}01} \Rightarrow \boxed{\nu_e = 120 \text{ V}}$$

Respostas: a) 360 ν; b) 120 ν

84 Uma pequena esfera de isopor **B**, recoberta por uma fina lâmina de alumínio, é atraída por outra esfera condutora **A**. Tanto **A** como **B** estão eletricamente isoladas.



Tal experimento permite afirmar que:

a) a esfera **A** possui carga positiva;

b) a esfera **B** possui carga negativa;

c) a esfera **A** não pode estar neutra;

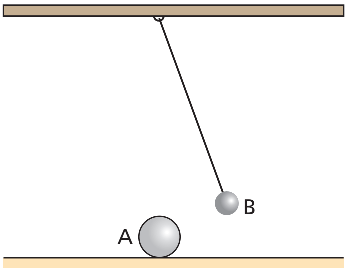
d) as cargas elétricas existentes em **A** e **B** têm sinais opostos;

e) a esfera **B** pode estar neutra.

Resolução:
Possibilidades:
I) A (+)
B (–)
II) A (–)
B (+)
III) A (+) ou (–)
B (neutra)
IV) A (neutra)
B (+) ou (–)

Resposta: e

85 Na figura a seguir, **A** é uma esfera condutora e **B** é uma pequena esfera de isopor, ligada a um fio flexível.



Supondo que a situação indicada seja de equilíbrio, analise as afirmativas a seguir:
I. É possível que somente a esfera **B** esteja eletrizada.
II. As esferas **A** e **B** devem estar eletrizadas.
III. A esfera **B** pode estar neutra, mas a esfera **A** certamente está eletrizada.
Para a resposta, utilize o código:
a) A afirmação I está correta.
b) Somente a afirmação II está correta.
c) As afirmações II e III estão corretas.
d) Somente a afirmação III está correta.
e) Todas as afirmações estão corretas.

Resolução:
I) Incorreta.
Para ocorrer **repulsão** é necessário que as duas esferas estejam eletrizadas com cargas de sinais iguais.
II) Correta.
III) Incorreta.

Resposta: b

86 (PUC-SP) Tem-se três esferas metálicas **A**, **B** e **C**, inicialmente neutras. Atrita-se **A** com **B**, mantendo-se **C** a distância. Sabe-se que, nesse processo, **B** ganha elétrons e que, logo após, as esferas são afastadas uma da outra de uma grande distância. Um bastão eletrizado positivamente é aproximado de cada esfera, sem tocá-las. Podemos afirmar que haverá atração:
a) apenas entre o bastão e a esfera **B**.
b) entre o bastão e a esfera **B** e entre o bastão e a esfera **C**.
c) apenas entre o bastão e a esfera **C**.
d) entre o bastão e a esfera **A** e entre o bastão e a esfera **B**.
e) entre o bastão e a esfera **A** e entre o bastão e a esfera **C**.

Resolução:
Se a esfera **B** ganha elétrons, **B** fica negativa e **A** positiva.
Quando aproximamos o bastão positivo de **A**, **B** e **C**, haverá atração entre o bastão e as esferas **B** (negativa) e **C** (neutra)

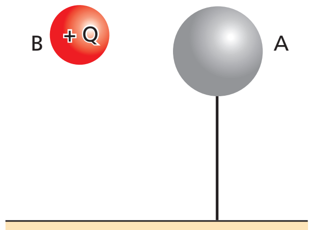
Resposta: b

87 Em um experimento de eletrização por indução, dispõe-se de duas esferas condutoras iguais e neutras, montadas sobre bases isolantes, e de um bastão de vidro carregado negativamente. Os itens de I a IV referem-se a operações que visam eletrizar as esferas por indução.
I. Aproximar o bastão de uma das esferas.
II. Colocar as esferas em contato.
III. Separar as esferas.
IV. Afastar o bastão.
Qual é a opção que melhor ordena as operações?
a) I, II, IV, III;
b) III, I, IV, II;
c) IV, II, III, I;
d) II, I, IV, III;
e) II, I, III, IV.

Resolução:
1) $\boxed{\text{II}}$ Colocar as esferas em contato.
2) $\boxed{\text{I}}$ Aproximar o bastão de uma das esferas.
3) $\boxed{\text{III}}$ Separar as esferas.
4) $\boxed{\text{IV}}$ Afastar o bastão.
No final, as esferas estarão eletrizadas com cargas de mesmo valor e de sinais opostos.

Resposta: e

88 (Fuvest-SP) Duas esferas metálicas **A** e **B** estão próximas uma da outra. A esfera **A** está ligada à terra, cujo potencial é nulo, por um fio condutor. A esfera **B** está isolada e carregada com carga +Q. Considere as seguintes afirmações:
I. O potencial da esfera **A** é nulo.
II. A carga total da esfera **A** é nula.
III. A força elétrica total sobre a esfera **A** é nula.
Está correto apenas o que se afirma em:
a) I.
b) I e II.
c) I e III.
d) II e III.
e) I, II e III.

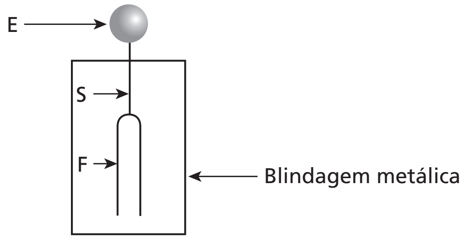


Resolução:
I) Correta.
A esfera **A** tem o mesmo potencial da terra ($\nu_T = 0$)
II) Incorreta.
A carga positiva existente em **B** gera em **A** um potencial positivo. Elétrons subirão da terra para produzir em **A** um potencial negativo, fazendo com que o seu potencial resultante continue nulo. Portanto, a carga total da esfera **A** não é nula.
III) Incorreta.
Haverá uma interação de atuação entre as cargas positiva de **B** e negativa de **A**.

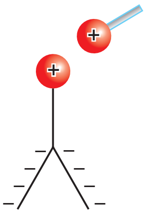
Resposta: a

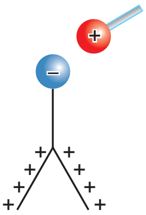
Instruções para as questões de números **89** e **90**.

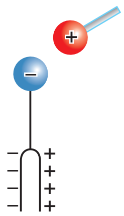
A figura a seguir representa um eletroscópio de folhas, inicialmente descarregado. A esfera **E**, o suporte **S** e as folhas **F** são metálicos.

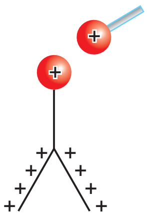


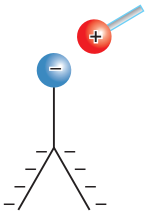
89 (FCMSC-SP) Uma esfera metálica positivamente carregada é aproximada, sem encostar, da esfera do eletroscópio. Em qual das seguintes alternativas melhor se representa a configuração das folhas do eletroscópio e suas cargas enquanto a esfera positiva estiver perto de sua esfera?

a) 

c) 

e) 

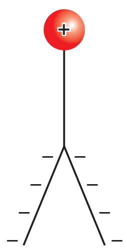
b) 

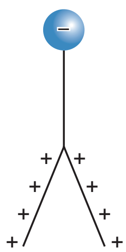
d) 

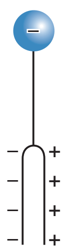
Resolução:
Por indução, a esfera do eletroscópio fica **negativa** e as folhas, **positivas**. Dessa forma, as folhas se repelem.

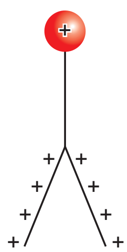
Resposta: c

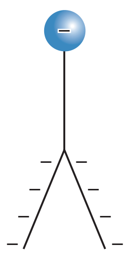
90 (FCMSC-SP) Uma esfera metálica, positivamente carregada, encosta na esfera do eletroscópio e, em seguida, é afastada. Qual das seguintes alternativas melhor representa a configuração das folhas do eletroscópio e suas cargas depois que isso acontece?

a) 

c) 

e) 

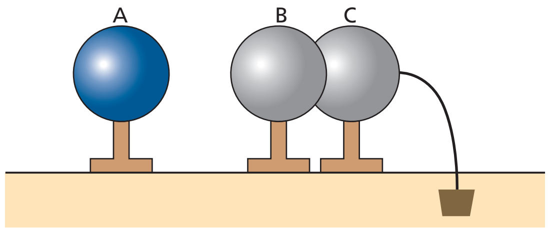
b) 

d) 

Resolução:
Se a esfera positiva fez contato com a esfera do eletroscópio (neutra), haverá uma eletrização nos componentes (esfera e folhas) do eletroscópio. Assim, as folhas irão se repelir.

Resposta: b

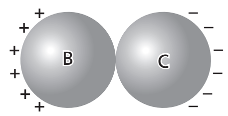
91 (Fuvest-SP) Três esferas metálicas iguais, **A**, **B** e **C**, estão apoiadas em suportes isolantes, tendo a esfera **A** carga elétrica negativa. Próximas a ela, as esferas **B** e **C** estão em contato entre si, sendo que **C** está ligada à terra por um fio condutor, como representado na figura.



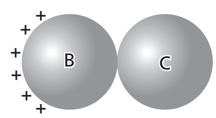
A partir dessa configuração, o fio é retirado e, em seguida, a esfera **A** é levada para muito longe. Finalmente, as esferas **B** e **C** são afastadas uma da outra. Após esses procedimentos, as cargas das três esferas satisfazem as relações:

a) $Q_A < 0 \quad Q_B > 0 \quad Q_C > 0$
b) $Q_A < 0 \quad Q_B = 0 \quad Q_C = 0$
c) $Q_A = 0 \quad Q_B < 0 \quad Q_C < 0$
d) $Q_A > 0 \quad Q_B > 0 \quad Q_C = 0$
e) $Q_A > 0 \quad Q_B < 0 \quad Q_C > 0$

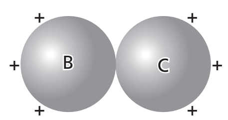
Resolução:
A esfera **A** está eletrizada negativamente.
Por indução, nas esfera **B** e **C** vamos encontrar uma separação de cargas:



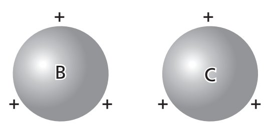
Mas a esfera **C** está ligada à terra. Os elétrons irão descer para a terra. Quando desconectarmos **C**, vamos observar:



Ao levarmos a esfera **A** para bem longe, teremos:



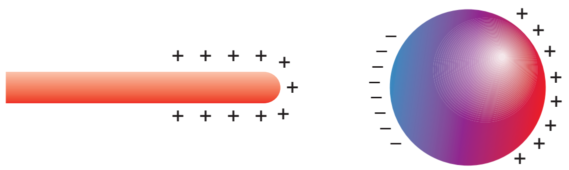
Separando-se **B** e **C**, vem:



Assim, no final encontramos:
$Q_A < 0$
$Q_B > 0$
$Q_C > 0$

Resposta: a

92 (UFMG) Atrita-se um bastão com lã, de modo que ele adquire carga positiva. Aproxima-se, então, o bastão de uma esfera metálica com o objetivo de induzir nela uma separação de cargas. Essa situação é mostrada na figura.



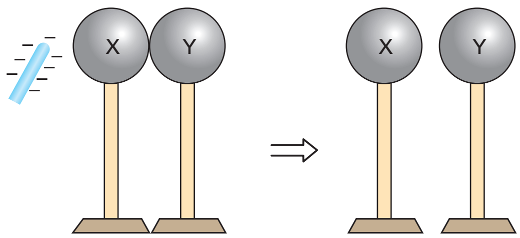
Pode-se então afirmar que o campo elétrico no interior da esfera é:
a) diferente de zero, horizontal, com sentido da direita para a esquerda.
b) diferente de zero, horizontal, com sentido da esquerda para a direita.
c) nulo apenas no centro.
d) nulo em todos os lugares.

Resolução:
As cargas do bastão irão produzir, no interior da esfera, um campo elétrico. As cargas, na esfera, irão se separar para que os campos gerados por elas, somados com o campo produzido pelas cargas do bastão, se anulem.

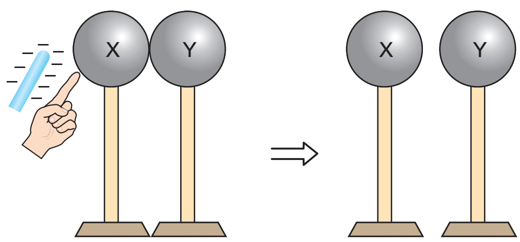
Resposta: d

93 (Vunesp-SP – mod.) Os seguintes experimentos clássicos de eletrostática são realizados com um bastão carregado negativamente e dois condutores esféricos apoiados sobre suportes isolantes. Em todos os casos, os condutores estão em contato no início, mas são separados cuidadosamente no decorrer do experimento.

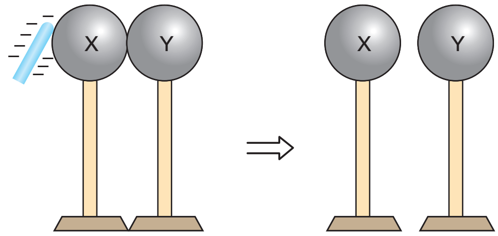
1º experimento: O bastão é aproximado dos condutores, sem tocar neles. Na presença do bastão, os condutores são separados. O bastão é, então, afastado.



2º experimento: Na presença do bastão, um dos condutores é tocado por um dedo por um instante. O bastão é, então, afastado e posteriormente os condutores são separados.



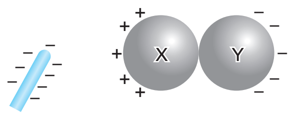
3º experimento: O bastão é esfregado nos condutores. O bastão é afastado e posteriormente os condutores são separados.



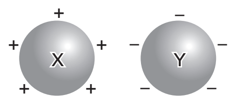
A alternativa que descreve corretamente a distribuição final de cargas nos condutores é:

	1º exp.		2º exp.		3º exp.	
	X	Y	X	Y	X	Y
a)	–	+	+	+	–	–
b)	–	+	–	–	–	–
c)	+	+	+	–	–	+
d)	–	–	+	+	–	–
e)	+	–	+	+	–	–

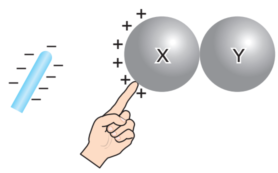
Resolução:
1º experimento
Início



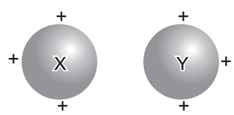
Final



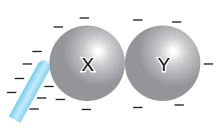
2º experimento
Início



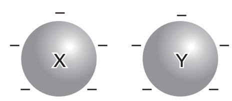
Os elétrons irão para o dedo da pessoa.
Final



3º experimento
Início

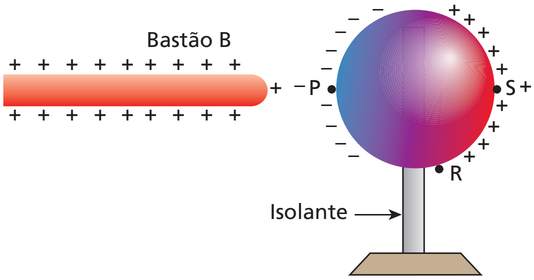


Final

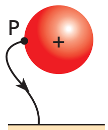


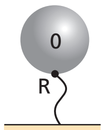
Resposta: e

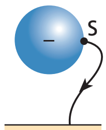
94 (Fuvest-SP) Quando se aproxima um bastão **B**, eletrizado positivamente, de uma esfera metálica isolada e inicialmente descarregada, observa-se a distribuição de cargas representada na figura.

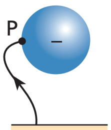


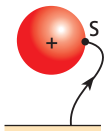
Mantendo o bastão na mesma posição, a esfera é conectada à terra por um fio condutor que pode ser ligado a um dos pontos **P**, **R** ou **S** da superfície da esfera. Indicando por (→) o sentido do fluxo transitório (ϕ) de elétrons (se houver) e por (+), (–) ou (0) o sinal da carga final (**Q**) da esfera, o esquema que representa ϕ e **Q** é:

a)


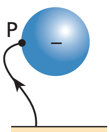
d)


b)


e)


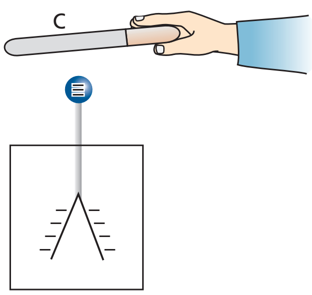
c)


Resolução:
A conexão com a terra pode ser feita em qualquer ponto do condutor. Como o bastão **B** está eletrizado positivamente, elétrons subirão da terra, dirigindo-se para a esfera.



Resposta: e

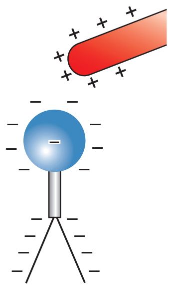
95 A figura a seguir representa um eletroscópio carregado negativamente.



Pode-se afirmar que, aproximando-se do eletroscópio um corpo **C** carregado:

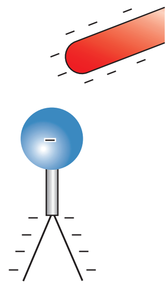
a) positivamente, as lâminas se afastam;
b) positivamente, as lâminas não se alteram;
c) negativamente, as lâminas se aproximam;
d) negativamente, as lâminas se afastam.

Resolução:
1) Se o bastão está eletrizado positivamente, temos:



Cargas negativas sobem até a esfera do eletroscópio diminuindo a quantidade de cargas negativas nas folhas. Assim, as folhas irão se repelir com menor intensidade, aproximando-se.

2) Se o bastão está eletrizado negativamente, temos:

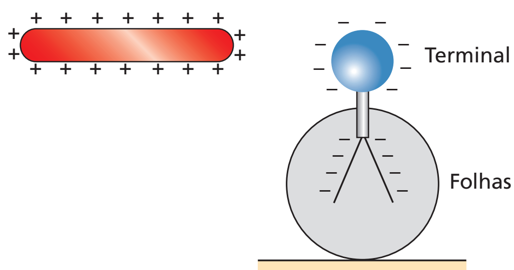


Cargas negativas são repelidas, descendo para as folhas. Aumentando as cargas negativas, as folhas irão se repelir mais intensamente, afastando-se mais.

Resposta: d

96 (ITA-SP) Um objeto metálico carregado positivamente, com carga +Q, é aproximado de um eletroscópio de folhas, que foi previamente carregado negativamente com carga igual a –Q.

I. À medida que o objeto se aproxima do eletroscópio, as folhas vão se abrindo além do que já estavam.
II. À medida que o objeto se aproxima, as folhas permanecem como estavam.
III. Se o objeto tocar o terminal externo do eletroscópio, as folhas devem necessariamente se fechar.



Nesse caso, pode-se afirmar que:
a) somente a afirmativa I é correta.
b) as afirmativas II e III são corretas.
c) as afirmativas I e III são corretas.
d) somente a afirmativa III é correta.
e) nenhuma das afirmativas é correta.

Resolução:
I) Incorreta.
Quando o bastão se aproxima, cargas negativas se acumulam na esfera do eletroscópio e as folhas ficam pouco eletrizadas. Assim, essas folhas se aproximam, já que a repulsão entre elas diminui.
II) Incorreta.
III) Correta.
Quando o bastão tocar no terminal, a carga negativa do eletroscópio diminui bastante, provocando uma aproximação das folhas.

Resposta: d

97 E.R. No interior de uma esfera metálica oca, isolada, de raio interno de 60 cm e externo de 80 cm e eletrizada com carga $Q = +8,0\ \mu C$, é colocada, concentricamente com ela, outra esfera condutora, de 20 cm de raio, eletrizada com carga $q = -4,0\ \mu C$. Atingido o equilíbrio eletrostático, determine:
a) as cargas elétricas nas superfícies interna e externa da esfera oca;
b) a intensidade do campo elétrico num ponto **A** distante 40 cm do centro das esferas;
c) a intensidade do campo elétrico num ponto **B** distante 70 cm do centro das esferas;
d) a intensidade do campo elétrico num ponto **C** distante 100 cm do centro das esferas.
Dado: constante eletrostática do meio: $K = 1,0 \cdot 10^{10}\ N\ m^2\ C^{-2}$

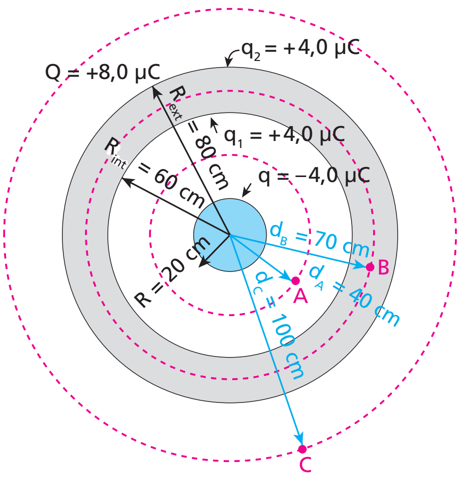
Resolução:
a) A esfera menor, de carga $q = -4,0\ \mu C$, está totalmente envolvida pela esfera oca. Assim, **por indução total**, a carga induzida na superfície interna da esfera oca é:

$$\boxed{q_1 = -q = +4,0\ \mu C}$$

A soma da carga q_2, distribuída na superfície externa da esfera oca, com a carga q_1, distribuída na superfície interna da esfera oca, deve ser igual à carga total $Q = +8,0\ \mu C$ dessa esfera.
Então:

$$q_1 + q_2 = Q \Rightarrow +4,0\ \mu C + q_2 = +8,0\ \mu C \Rightarrow \boxed{q_2 = +4,0\ \mu C}$$

Esses resultados estão representados na figura a seguir, em que também estão indicados os pontos **A**, **B** e **C** referentes aos itens **b**, **c** e **d**.



b) O ponto **A** é externo à esfera menor, porém interno à esfera maior. Assim, o campo, nesse ponto, é devido apenas às cargas da esfera menor. Logo, sua intensidade é dada por:

$$E_A = K\frac{|q|}{d_A^2}$$

Sendo:

$$q = -4,0\ \mu C,$$
$$d_A = 40\ cm = 0,40\ m,$$
$$K = 1,0 \cdot 10^{10}\ N\ m^2\ C^{-2},$$

temos:

$$E_A = 1,0 \cdot 10^{10} \cdot \frac{4,0 \cdot 10^{-6}}{(0,40)^2}$$

$$\boxed{E_A = 2,5 \cdot 10^5\ N/C}$$

c) O ponto **B** está no interior do metal da esfera maior. Assim, o campo resultante nesse ponto é nulo, pois trata-se de um ponto interno a um material condutor em equilíbrio eletrostático.
Então:

$$\boxed{E_B = 0}$$

d) Para o cálculo do campo elétrico num ponto externo à esfera maior, tudo se passa como se a carga total, dada pela soma algébrica das cargas das esferas, estivesse no centro comum das esferas. Assim, temos:

$$E_C = K\frac{|q_1 + q_2 + q|}{d_C^2} = K\frac{|Q + q|}{d_C^2}$$

Substituindo os valores fornecidos, obtemos:

$$E_C = 1,0 \cdot 10^{10} \cdot \frac{|8,0 \cdot 10^{-6} - 4,0 \cdot 10^{-6}|}{1^2}$$

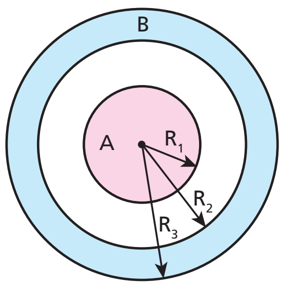
$$\boxed{E_C = 4,0 \cdot 10^4\ N/C}$$

Nota:
- Você pode determinar a intensidade do campo elétrico nos pontos **A**, **B** e **C** de um modo prático, justificado pelo Teorema de Gauss, apresentado no Apêndice do Tópico 2.
Para isso:
— pelos pontos considerados, trace superfícies esféricas concêntricas com os condutores (tracejadas em vermelho na figura do item **a**);
— para cada ponto, determine a carga, $Q_{interna}$, no interior da superfície esférica que passa por ele;
— use, para cada ponto:

$$E = K\frac{|Q_{interna}|}{d^2}$$

em que **d** é a distância do ponto ao centro das esferas. **Verifique!**

98 Na figura abaixo, estão representados dois condutores esféricos **A** e **B**, concêntricos:



Os raios indicados medem: $R_1 = 30$ cm; $R_2 = 60$ cm; $R_3 = 90$ cm.
Suas cargas valem:

$$Q_A = +1,6\ \mu C \quad e \quad Q_B = -6,0\ \mu C$$

Determine a intensidade do campo elétrico no ponto:
a) **M**, distante 40 cm do centro das esferas;
b) **N**, distante 80 cm do centro das esferas;
c) **S**, distante 120 cm do centro das esferas.

Use, como constante eletrostática do meio, o valor $9,0 \cdot 10^9$ N m² C⁻².

Resolução:
a) No ponto **M**, o campo elétrico é devido apenas às cargas da esfera menor, já que **M** é interno à esfera maior:

$$E_M = k\frac{|Q_A|}{d_M^2}\ 9,0 \cdot 10^9 \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-6}}{(0,40)^2}$$

$$\boxed{E_M = 9,0 \cdot 10^4\ N/C}$$

b) O ponto **N** faz parte da esfera **B** e, assim, o campo elétrico resultante neste ponto é nulo:

$$\boxed{E_N = 0}$$

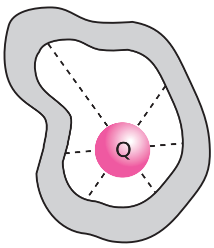
c) $$E_S = k\frac{|Q_A + Q_B|}{d_S^2}$$

$$E_S = 9,0 \cdot 10^9 \cdot \frac{|1,6 \cdot 10^{-6} - 6,0 \cdot 10^{-6}|}{(1,2)^2}$$

$$\boxed{E_S \simeq 2,8 \cdot 10^4\ N/C}$$

Respostas: a) $9,0 \cdot 10^4$ N/C; b) zero; c) $2,8 \cdot 10^4$ N/C

99 (ITA-SP) A figura representa um condutor oco e um outro condutor de forma esférica dentro da cavidade do primeiro, ambos em equilíbrio eletrostático. Sabe-se que o condutor interno tem carga total +Q.



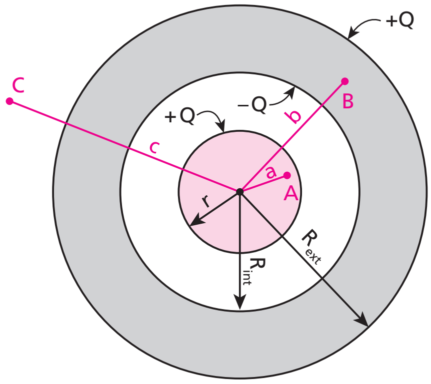
Podemos afirmar que:
a) não há campo elétrico dentro da cavidade.
b) as linhas de força dentro da cavidade são retas radiais em relação à esfera, como na figura.
c) a carga na superfície interna do condutor oco é –Q e as linhas de força são perpendiculares a essa superfície.
d) a carga na superfície interna do condutor oco é –Q e as linhas de força tangenciam essa superfície.
e) não haverá diferença de potencial entre os dois condutores se a carga do condutor oco também for igual a **Q**.

Resolução:
a) Falsa.
Existindo carga elétrica no interior do condutor, o campo não é nulo nessa região.
b) Falsa.
As linhas de força devem ser perpendiculares à esfera e à superfície interna do condutor. Assim, as linhas de força não podem ser radiais.
c) Verdadeira.
d) Falsa.
As linhas de força são perpendiculares à superfície interna do condutor.
e) Falsa.
Na superfície interna do condutor oco, a caraga elétrica induzida é –Q.

Resposta: c

100 E.R. Uma esfera condutora de raio r = 30 cm e eletrizada com carga Q = 12 nC encontra-se no interior de uma esfera oca, condutora e neutra, cujos raios interno e externo medem $R_{int} = 60$ cm e $R_{ext} = 90$ cm. Sendo $K = 9,0 \cdot 10^9$ N m² C⁻² e sabendo que as esferas são concêntricas, determine:
a) os potenciais elétricos nos pontos **A**, **B** e **C**, distantes, respectivamente, a = 20 cm, b = 80 cm e c = 100 cm do centro das esferas;
b) a carga elétrica adquirida pela esfera oca se for ligada à terra (potencial nulo).

Resolução:
a) A figura a seguir representa as esferas e os pontos **A**, **B** e **C**:



Por indução total, a carga na superfície interna da esfera oca é –Q. Como essa esfera é neutra, a carga em sua superfície externa tem de ser +Q. Devemos lembrar que o potencial criado por uma superfície esférica de raio **R**, uniformemente eletrizada com carga **Q**, é o mesmo $\left(\frac{KQ}{R}\right)$ tanto nos pontos da superfície como nos pontos envolvidos por ela. Em pontos externos à superfície, porém, o potencial é calculado considerando toda a sua carga concentrada em seu centro.
Então, temos:

$$\bullet\ \nu_A = \frac{K(+Q)}{r} + \frac{K(-Q)}{R_{int}} + \frac{K(+Q)}{R_{ext}}$$

$$\nu_A = \frac{9,0 \cdot 10^9 \cdot (12 \cdot 10^{-9})}{30 \cdot 10^{-2}} + \frac{9,0 \cdot 10^9 \cdot (-12 \cdot 10^{-9})}{60 \cdot 10^{-2}} + \frac{9,0 \cdot 10^9 \cdot (12 \cdot 10^{-9})}{90 \cdot 10^{-2}}$$

$$\nu_A = 360 + (-180) + 120 \Rightarrow \boxed{\nu_A = 300\ V}$$

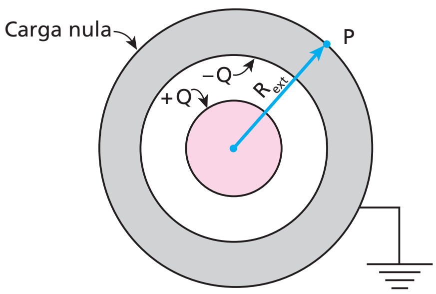
• $\nu_B = \cancel{\dfrac{K(+Q)}{b}} + \cancel{\dfrac{K(-Q)}{b}} + \dfrac{K(+Q)}{R_{ext}}$

$$\nu_B = \frac{9{,}0 \cdot 10^9 \cdot (12 \cdot 10^{-9})}{90 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{\nu_B = 120\ \text{V}}$$

• $\nu_C = \cancel{\dfrac{K(+Q)}{c}} + \cancel{\dfrac{K(-Q)}{c}} + \dfrac{K(+Q)}{c}$

$$\nu_C = \frac{9{,}0 \cdot 10^9 \cdot (12 \cdot 10^{-9})}{1} \Rightarrow \boxed{\nu_C = 108\ \text{V}}$$

b) Por estar ligada à terra, o potencial é igual a zero em todos os pontos da esfera oca. Por isso, a carga elétrica deve ser nula em sua superfície externa.
De fato, tomando, por exemplo, um ponto **P** nessa superfície, temos:

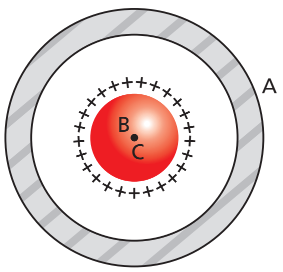


$$\nu_P = \frac{K(+Q)}{R_{ext}} + \frac{K(-Q)}{R_{ext}} = 0$$

Note que, se houvesse carga na superfície externa, ν_P não seria igual a zero. Portanto, a carga adquirida pela esfera oca é:

$$\boxed{-Q = -12\ \text{nC}}$$

101 (Unip-SP) Considere uma esfera **A** metálica e oca, com carga elétrica total nula, e tendo em seu interior uma outra esfera **B** maciça, condutora, eletrizada com carga positiva **Q**, conforme a figura.



As esferas são concêntricas, o raio de **B** vale R_B, o raio interno de **A** vale R_1 e o raio externo de **A** vale R_2.

Seja **x** a distância de um ponto **P** genérico ao centro **C** das esferas. O sistema das duas esferas é suposto isolado do resto do Universo e entre as duas esferas não há contato e o meio é o vácuo.

Indique a opção correta:
a) Para $x < R_2$, o campo elétrico é nulo.
b) Para $x = 0$, o campo elétrico e o potencial elétrico são nulos.
c) Para $x = R_B$, o potencial elétrico é maior que para $x = R_1$.
d) Para $x > R_2$, o campo elétrico é nulo.
e) Para $R_1 \leq x \leq R_2$, o potencial elétrico é nulo.

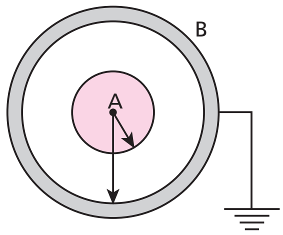
Resolução:
Sendo ν_B o potencial elétrico num ponto localizado na superfície do condutor B e ν_1 o potencial elétrico num ponto da superfície interna do condutor A, temos:

$$\nu_B > \nu_1$$

Veja a resolução do exercício resolvido.

Resposta: c

102 Na figura a seguir, há dois condutores esféricos, sendo um maciço, **A**, de 30 cm de raio, e outro oco, **B**, de raio interno igual a 80 cm e externo igual a 100 cm. O condutor **A** está eletrizado com carga igual a +4,0 μC, enquanto **B** está ligado à terra:



Determine:
a) o potencial na esfera **A**;
b) o potencial na esfera **B**;
c) o potencial num ponto **P**, a 50 cm do centro das esferas;
d) o esboço do gráfico do potencial em função da distância do centro das esferas.

Dado: constante eletrostática do meio = $9{,}0 \cdot 10^9\ \text{N m}^2\ \text{C}^{-2}$

Resolução:
Na esfera **A**:

$$\nu_{(A)} = \nu_A + \nu_B \Rightarrow \nu_{(A)} = K\frac{Q_A}{R_A} + K\frac{Q_B}{R_B}$$

$$\nu_{(A)} = 9{,}0 \cdot 10^9 \left[\frac{(+4{,}0 \cdot 10^{-6})}{0{,}30} + \frac{(-4{,}0 \cdot 10^{-6})}{0{,}80}\right]$$

$$\boxed{\nu_{(A)} = 7{,}5 \cdot 10^4\ \text{V}}$$

b) Como a esfera **B** está ligada à terra, seu potencial é nulo.

$$\boxed{\nu_{(B)} = 0}$$

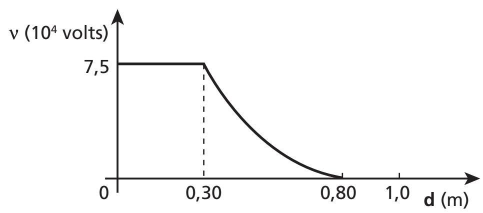
c) O ponto **P** é interno à esfera **B** é externo à esfera **A**. Assim:

$$\nu_p = K\frac{Q_A}{d} + K\frac{Q_B}{R_B}$$

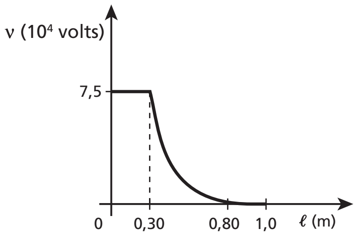
$$\nu_p = 9{,}0 \cdot 10^9 \left[\frac{(4{,}0 \cdot 10^{-6})}{0{,}50} + \frac{(-4{,}0 \cdot 10^{-6})}{0{,}80}\right]$$

$$\boxed{\nu_p = 2{,}7 \cdot 10^4\ \text{V}}$$

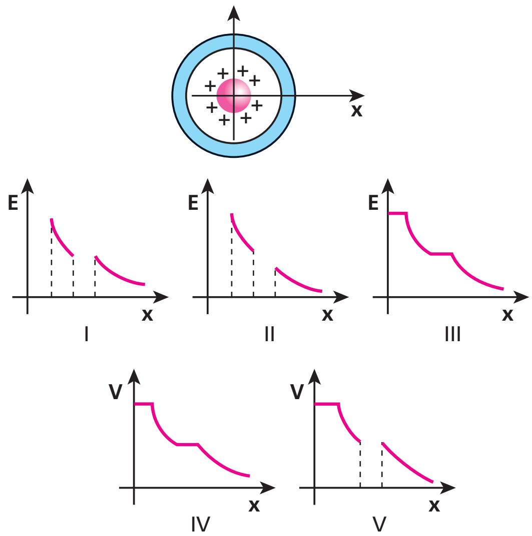
d)



Respostas: a) $7{,}5 \cdot 10^4$ V;
b) Zero;
c) $2{,}7 \cdot 10^4$ V;
d)



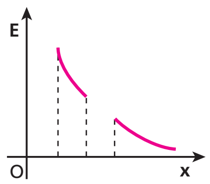
103 (Cefet-PR) Uma esfera oca, condutora e neutra contém, no seu centro, uma outra esfera condutora e eletropositiva. Ao longo do eixo **x**, você pode dizer que a variação do campo **E** e do potencial eletrostático (**V**) é mais bem representada pelos diagramas:



a) I e V. b) I e IV. c) III e IV. d) III e V. e) II e IV.

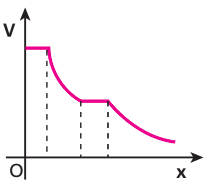
Resolução:

1) No interior de um condutor eletrizado e em equilíbrio eletrostático, o campo elétrico é nulo. Observe que, na parte onde existe o material do condutor, as cargas podem se dispor de forma a anular o campo interno.



(II)

2) O potencial elétrico varia na parte vazia e é constante na parte onde existe o material do condutor.



(IV)

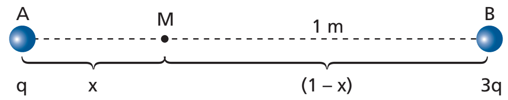
Resposta: e

104 (Fuvest-SP) Considere uma carga positiva **q** fixa no ponto **A** e uma carga 3q fixa no ponto **B**, distante 1 m de **A**.

a) Se em um ponto **M** sobre AB os potenciais devidos às cargas forem iguais, qual a distância AM?
b) Se uma terceira carga for colocada em um ponto **P** sobre o segmento AB e permanecer em equilíbrio, qual a razão entre as distâncias AP e BP?

Resolução:

a)



$$\nu_a = \nu_b \Rightarrow k\frac{q}{x} = k\frac{3q}{(1-x)}$$

$$3x = 1 - x \;\Rightarrow\; 4x = 1 \;\Rightarrow\; \boxed{x = \overline{AM} = 0{,}25 \text{ m}}$$

b) Em P $\Rightarrow E_A = E_B$

$$K\frac{q}{(\overline{AP})^2} = K\frac{3q}{(\overline{BP})^2} \;\Rightarrow\; \frac{(\overline{AP})^2}{(\overline{BP})^2} = \frac{1}{3}$$

$$\boxed{\frac{\overline{AP}}{\overline{BP}} = \frac{\sqrt{3}}{3}}$$

Respostas: a) 0,25 m; b) $\frac{\sqrt{3}}{3}$

105 Um próton vindo do infinito com velocidade inicial de $1{,}6 \cdot 10^7$ m/s dirige-se perpendicularmente contra um núcleo de ouro. O núcleo do átomo de ouro contém 79 prótons. Supondo que seja válida a Lei de Coulomb, calcule a distância mínima de aproximação entre o próton e o núcleo de ouro. Admita que o núcleo de ouro esteja em repouso.

Dados: massa do próton $\simeq 2 \cdot 10^{-27}$ kg;
carga do próton $= 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C;
constante eletrostática do vácuo $= 9 \cdot 10^9$ N m² C⁻².

Resolução:

Pelo Princípio da Conservação da Energia, podemos afirmar que a energia cinética existente no início no próton transforma-se em potencial, no sistema. Assim:

$E_{ci} = E_{pf}$

Sendo $E_c = \frac{m\,v^2}{2}$ e $E_p = K\frac{q\,Q}{d}$, temos:

$$\frac{m\,v^2}{2} \text{ e } = K\frac{q\,Q}{d} \Rightarrow d = \frac{2\,K\,q\,Q}{m\,v^2}$$

$$d = \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot (1{,}6 \cdot 10^{-19}) \cdot (79 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19})}{2 \cdot 10^{-27} \cdot (1{,}6 \cdot 10^7)^2}$$

$$\boxed{d = 7{,}1 \cdot 10^{-14} \text{ m}}$$

Resposta: $7{,}1 \cdot 10^{-14}$ m

106 (Ufal) Duas cargas elétricas puntiformes de $1{,}0 \cdot 10^{-7}$ C e $2{,}0 \cdot 10^{-8}$ C estão a uma distância de 10 cm uma da outra. Aumentando-se a distância entre elas de Δd, a energia potencial elétrica do sistema diminui $1{,}35 \cdot 10^{-4}$ J. Sendo a constante eletrostática igual a $9{,}0 \cdot 10^9$ N m²/C², determine o valor de Δd, **em centímetros**.

Resolução:

$E_p = K \frac{Q\,q}{d}$

$\Delta E_p = E_{p_i} - E_{p_f}$

$\Delta E_p = K \frac{Q\,q}{d_i} - K \frac{Q\,q}{d_f}$

$1{,}35 \cdot 10^{-4} = 9 \cdot 10^9 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-7} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-8} \left[\frac{1}{0{,}10} - \frac{1}{(0{,}10 + \Delta d)}\right]$

$1{,}35 \cdot 10^{-4} = 18 \cdot 10^{-6} \left[10 - \frac{1}{(0{,}10 + \Delta d)}\right]$

$7{,}5 = 10 - \frac{1}{(0{,}10 + \Delta d)} \Rightarrow \frac{1}{(0{,}10 + \Delta d)} = 2{,}5$

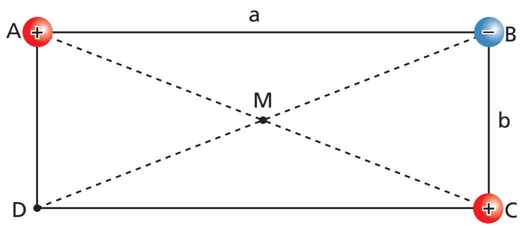
$2{,}5\,(0{,}10 + \Delta d) = 1$

$0{,}10 + \Delta d = 0{,}40 \Rightarrow \Delta d = 0{,}30 \text{ m}$

$\boxed{\Delta d = 30 \text{ cm}}$

Resposta: 30 cm

107 Nos vértices **A**, **B** e **C** de um retângulo são colocadas três cargas puntiformes $Q_A = +2{,}0\ \mu C$, $Q_B = -6{,}0\ \mu C$ e $Q_C = +3{,}0\ \mu C$:



Sabe-se que o meio é o vácuo, de constante eletrostática igual a $9{,}0 \cdot 10^9$ N m² C⁻², e que a = 4,0 m e b = 3,0 m. Determine o valor da carga que deve ser colocada:

a) em **D**, para que o potencial resultante em **M** seja nulo;
b) em **M**, para que o potencial resultante em **D** seja nulo.

Resolução:

a) $\nu_M = \nu_A + \nu_B + \nu_C + \nu_D =$

$= \frac{K}{d}(Q_A + Q_B + Q_C + Q_D)$

Para $\nu_M = 0$, temos:

$Q_A + Q_B + Q_C + Q_D = 0$

$2{,}0\ \mu C - 6{,}0\ \mu C + 3{,}0\ \mu C + Q_D = 0$

$\boxed{Q_D = +1{,}0\ \mu C}$

b) $\nu_{(D)} = \nu_A + \nu_B + \nu_C + \nu_M$

$\nu_{(D)} = K\left(\frac{Q_A}{d_A} + \frac{Q_B}{d_B} + \frac{Q_C}{d_C} + \frac{Q_M}{d_M}\right)$

$0 = 9{,}0 \cdot 10^9 \left(\frac{2{,}0 \cdot 10^{-6}}{3{,}0} - \frac{6{,}0 \cdot 10^{-6}}{5{,}0} + \frac{3{,}0 \cdot 10^{-6}}{4{,}0} + \frac{Q_M}{2{,}5}\right)$

$0 = 6{,}0 \cdot 10^3 - 10{,}8 \cdot 10^3 + 6{,}75 \cdot 10^3 + \frac{Q_M \cdot 9{,}0 \cdot 10^9}{2{,}5}$

$0 = 1{,}95 \cdot 10^3 + Q_M \cdot 3{,}6 \cdot 10^9$

$Q_M = -\frac{1{,}95 \cdot 10^3}{3{,}6 \cdot 10^9}$ C

$\boxed{Q \simeq -0{,}54 \cdot 10^{-6}\ C = -0{,}54\ \mu C}$

Respostas: a) + 1,0 μC; b) – 0,54 μC

108 (PUC-SP) Duas pequenas esferas isoladas **A** e **B** encontram-se no vácuo à distância de 1,0 m uma da outra e estão carregadas com cargas respectivamente iguais a $3{,}0 \cdot 10^{-9}$ C e $4{,}0 \cdot 10^{-9}$ C. Qual o trabalho que deve ser realizado contra as forças elétricas repulsivas para reduzir a 0,80 m a distância entre as esferas?

Dado: $K = 9 \cdot 10^9$ N m² C⁻²

Resolução:

$\tau = \Delta E_p$

$\tau = E_{p_f} - E_{p_i}$

$\tau = K\frac{Qq}{d_f} - K\frac{Qq}{d_i} = K\,Q\,q\left(\frac{1}{d_f} - \frac{1}{d_i}\right)$

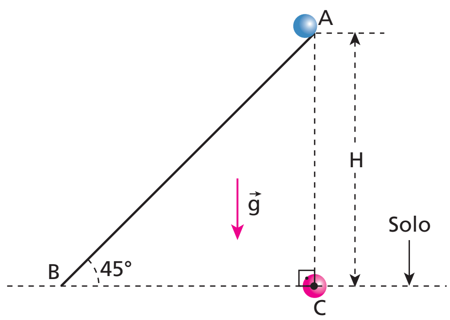
$\tau = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot 3{,}0 \cdot 10^{-9} \cdot 4{,}0 \cdot 10^{-9}\left(\frac{1}{0{,}80} - \frac{1}{1{,}0}\right)$

$\tau = 108 \cdot 10^{-9}(1{,}25 - 1)$

$\boxed{\tau = 2{,}7 \cdot 10^{-8}\ J}$

Resposta: $2{,}7 \cdot 10^{-8}$ J

109 (Unip-SP) Uma partícula P_1 eletrizada com carga positiva **Q** está fixa em um ponto **C**. Outra partícula P_2 de massa **m** e eletrizada com carga negativa **q** parte do repouso de um ponto **A**, a uma altura **H** acima do solo, e desliza em um plano inclinado de 45°, em relação à horizontal, fixo no solo.



A aceleração da gravidade local é constante e tem módulo igual a **g**.

Despreze as forças de atrito e a resistência do ar.

A partícula P_2 atinge o solo, no ponto **B**, com uma energia cinética:

a) que depende dos valores de **Q** e **q**.
b) igual a m g H.
c) que não depende do valor de **m**.
d) igual a $m\,g\,H + K\frac{Q\,q}{H}$, em que **K** é a constante eletrostática do ar.
e) igual a $m\,g\,H - K\frac{Q\,q}{H}$, em que **K** é a constante eletrostática do ar.

Resolução:
No triângulo retângulo, os ângulos agudos valem 45º. Assim, os catetos são iguais e valem **H**. A carga elétrica **Q** (em **C**) gera potenciais iguais em **A** e **B** ($V_A = V_B$).
Portanto, o trabalho do campo elétrico sobre **q**, no deslocamento de **A** para **B** é nulo:

$$\tau_{AB} = q\,(V_A - V_B) = 0$$

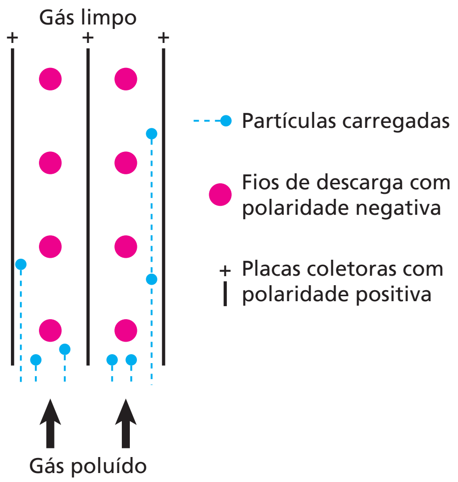
Dessa forma, a energia cinética adquirida pela partícula P_2 depende apenas do trabalho realizado pela força gravitacional (peso):

$$\boxed{\Delta E_C = \tau = m\,g\,H}$$

Resposta: b

110 (Uerj) Para reduzir a emissão de poluentes na atmosfera, o supermercado instalou em sua cozinha um equipamento chamado precipitador eletrostático, pelo qual passam gases e partículas sólidas sugadas do ambiente por meio de um exaustor.

Observe o esquema abaixo:



Considere que os fios e as placas coletoras paralelas, quando carregados, geram um campo elétrico uniforme, das placas para os fios, de intensidade $E = 2{,}4 \cdot 10^4$ V/m, tornando as partículas ionizadas negativamente. Essas partículas são deslocadas em direção às placas coletoras, ficando aí retidas. Esse processo bastante simples é capaz de eliminar até 99% das partículas que seriam lançadas à atmosfera.

a) Considerando que a distância entre os fios e as placas é de 10 cm, calcule a diferença de potencial elétrico entre eles.
b) As partículas sólidas penetram no interior do precipitador com velocidade de 0,7 m/s e adquirem carga de módulo igual a $1{,}6 \cdot 10^{-18}$ C.

Calcule o valor máximo da massa das partículas que podem ser retiradas das placas coletoras, que têm 3,5 m de comprimento. Desconsidere a ação do campo gravitacional.

Resolução:
a) Num CEU (campo elétrico uniforme), vale:
$E\,d = U$
Assim:
$2{,}4 \cdot 10^4 \cdot 0{,}10 = U$
$\boxed{U = 2{,}4 \cdot 10^3\ \text{V}}$

b) Ao longo do tubo, o movimento da partícula é uniforme.
Assim:
$\Delta s = v\,t$
$3{,}5 = 0{,}7\,t$
$t = 5$ s
Portanto, as partículas retidas no coletor obedecem à condição:
$t \leqslant 5$ s
Na transversal, o movimento é uniformemente variado (devido ao campo elétrico uniforme).

$$\Delta s = v_0 t + \frac{\gamma t^2}{2} \Rightarrow d = \frac{a t^2}{2}$$

As partículas que mais demoram a chegar a uma das placas são as mais afastadas dela, quando d = 10 cm.
Assim:

$$0{,}10 = \frac{a \cdot t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{0{,}20}{a}}$$

$$\sqrt{\frac{0{,}20}{a}} \leqslant 5 \Rightarrow \frac{0{,}20}{a} \leqslant 25$$

$a \geqslant 8{,}0 \cdot 10^{-3}$ m/s
As partículas de maior massa se movem com a mínima aceleração.
Assim:
$F = F_e$
$m\,a = |q|\,E$
$m_{máx} = 8{,}0 \cdot 10^{-3} = 1{,}6 \cdot 10^{-18} \cdot 2{,}4 \cdot 10^4$

$\boxed{m_{máx} = 4{,}8 \cdot 10^{-12}\ \text{kg}}$

Respostas: a) $2{,}4 \cdot 10^3$ V; b) $4{,}8 \cdot 10^{-12}$ kg

111 (PUC-SP) Um eletronvolt (eV) é, por definição, a energia adquirida por um elétron quando acelerado, a partir do repouso, por uma diferença de potencial de 1,0 volt. Considerando a massa do elétron igual a $9{,}0 \cdot 10^{-31}$ kg e sua carga igual a $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, qual o valor aproximado da velocidade de um elétron com energia de 1,0 eV?

Resolução:

$$\begin{cases} \tau = q\,U \\ \tau = \Delta E_{cin} = \dfrac{m\,v^2}{2} - \dfrac{m\,v_0^2}{2} \end{cases}$$

$$\frac{m\,v^2}{2} = q\,U$$

$$\frac{9{,}0 \cdot 10^{-31}\,v^2}{2} = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 1$$

$\boxed{v \simeq 6{,}0 \cdot 10^5\ \text{m/s}}$

Resposta: $6{,}0 \cdot 10^5$ m/s

112 (Mack-SP) Uma unidade de medida de energia muito utilizada em Física Nuclear é o eletronvolt (eV), e os múltiplos quiloeletronvolt (keV) e megaeletronvolt (MeV) são ainda mais usuais. Comparando o eletronvolt com a unidade de medida do Sistema Internacional, temos que $1\ \text{eV} = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J. Durante uma experiência no laboratório, tem-se uma carga elétrica puntiforme fixa (**Q**) de 3,0 nC ($3{,}0 \cdot 10^{-9}$ C), praticamente no vácuo ($K_0 = 9 \cdot 10^9\ \text{N m}^2/\text{C}^2$), e, em determinado instante, um pósitron ($q = +1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C) é abandonado do repouso em um ponto **A**, distante 3,0 mm dessa carga **Q**. Ao passar por um ponto **B**, situado a 6,0 mm de **A**, sobre a mesma reta QA, o pósitron terá energia cinética:

a) $\varepsilon_C = 4{,}5$ keV.
b) $\varepsilon_C = 6{,}0$ keV.
c) $\varepsilon_C = 9{,}0$ keV.
d) $\varepsilon_C = 4{,}5$ MeV.
e) $\varepsilon_C = 6{,}0$ MeV.

Resolução:

1) A carga **Q** irá gerar potencial elétrico em **A** e em **B**:

$$\nu = K\frac{Q}{d}$$

$$\nu_A = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{3{,}0 \cdot 10^{-9}}{(3{,}0 \cdot 10^{-3})}$$

$$\nu_A = 9{,}0 \cdot 10^3 \text{ V}$$

$$\nu_B = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{3{,}0 \cdot 10^{-9}}{(9{,}0 \cdot 10^{-3})}$$

$$\nu_B = 3{,}0 \cdot 10^3 \text{ v}$$

2) A variação de energia cinética é devida ao trabalho realizado pelo campo elétrico.

$$\Delta E_c = \tau = q\,(\nu_A - \nu_B)$$

$$\Delta E_c = e\,(9{,}0 \cdot 10^3 - 3{,}0 \cdot 10^3)$$

$$E_{c_f} - E_{c_i} = e \cdot 6{,}0 \cdot 10^3$$

Mas: $E_{c_i} = 0$

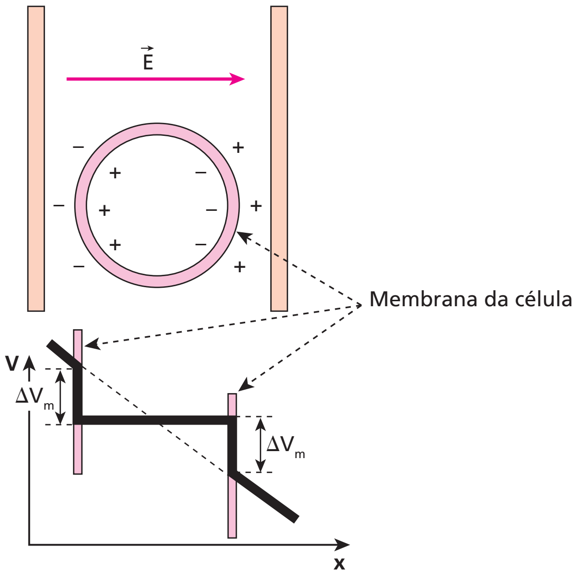
então:

$$E_{c_f} = 6{,}0 \cdot 10^3 \text{ eV}$$

$$\boxed{E_{c_f} = 6{,}0 \text{ keV}}$$

Resposta: b

113 (Unicamp-SP) A durabilidade dos alimentos é aumentada por meio de tratamentos térmicos, como no caso do leite longa vida. Esses processos térmicos matam os micro-organismos, mas provocam efeitos colaterais indesejáveis. Um dos métodos alternativos é o que utiliza campos elétricos pulsados, provocando a variação de potencial através da célula, como ilustrado na figura abaixo. A membrana da célula de um micro-organismo é destruída se uma diferença de potencial de $\Delta V_m = 1$ V é estabelecida no interior da membrana, conforme a figura abaixo.



a) Sabendo-se que o diâmetro de uma célula é 1 μm, qual é a intensidade do campo elétrico que precisa ser aplicado para destruir a membrana?
b) Qual é o ganho de energia em eV de um elétron que atravessa a célula sob a tensão aplicada?

Resolução:

a) Ao longo do diâmetro da célula, temos:

$$U = \Delta v_m + \Delta v_m = 2\Delta v_m$$

Mas, num CEU (campo elétrico uniforme), vale:

$$E\,d = U$$

Assim:

$$E\,d = 2\,\Delta v_m$$

$$E \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 1$$

$$\boxed{E = 2 \cdot 10^6 \text{ v/m}}$$

b) Ao atravessar a célula, o ganho de energia de um elétron é dado por:

$$\Delta E = \tau = q\,U$$

Sendo: $q = e$

$$U = 2 \text{ v}$$

temos:

$$\boxed{\Delta E = 2 \text{ eV}}$$

Respostas: a) $2 \cdot 10^6$ v/m; b) 2 eV

114 (EEM-SP) Um corpo de 6 g de massa e $-2 \cdot 10^{-6}$ C de carga gira em órbita circular com velocidade v = 30 m/s, em torno de uma carga Q = $15 \cdot 10^{-6}$ C fixa. Calcule o raio da trajetória e a energia do sistema, adotando energia potencial nula quando as cargas estão infinitamente afastadas.

Dado: $K = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \dfrac{\text{N m}^2}{\text{C}^2}$

Resolução:

$$F = F_{CP} \Rightarrow K\frac{|Qq|}{R^2} = \frac{m\,v^2}{R}$$

$$R = \frac{K\,|Qq|}{m\,v^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 15 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{6 \cdot 10^{-3}\,(30)^2}$$

$$R = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow \boxed{R = 5 \text{ cm}}$$

$$E_p = K\frac{Qq}{R}$$

$$E_p = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{15 \cdot 10^{-6}\,(-2 \cdot 10^{-6})}{5 \cdot 10^{-2}}$$

$$E_p = -5{,}4 \text{ J}$$

$$E_C = \frac{m\,v^2}{2} \Rightarrow E_C = \frac{6 \cdot 10^{-3} \cdot 30^2}{2} \Rightarrow E_C = 2{,}7 \text{ J}$$

$$E_\tau = E_C + E_P \Rightarrow \boxed{E_\tau = -2{,}7 \text{ J}}$$

Respostas: 5 cm; –2,7 J

115 (UFBA) Três esferas metálicas idênticas, 1, 2 e 3, de raios **R**, encontram-se isoladas umas das outras no vácuo (constante eletrostática K_0). As esferas 1 e 2 estão neutras e a 3, eletrizada com carga **Q**.
Nessas condições, é correto afirmar:

(01) Colocando-se a esfera 1 em contato com a 3, afastando-a e, em seguida, colocando-a em contato com a 2, a carga elétrica da esfera 1, após os contatos, será igual a $\frac{Q}{3}$.
(02) O módulo do vetor campo elétrico, no interior da esfera 3, é igual a zero.
(04) Colocando-se a esfera 3 em contato com a 1, afastando-as e, em seguida, colocando a 3 em contato com a 2, o potencial elétrico no interior da esfera 3 será constante e diferente de zero.
(08) As três esferas apresentam a mesma capacidade eletrostática.
(16) Reduzindo-se o raio da esfera 3 à metade, sua capacidade eletrostática duplicará.
(32) Ligando-se as esferas 1 e 3 por um fio de capacitância desprezível, o potencial de equilíbrio entre elas será igual $\frac{Q}{C_1 + C_3}$, sendo C_1 e C_3 as capacidades eletrostáticas das esferas 1 e 3.

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

Resolução:

(01) Incorreta.
Esferas 1 e 3:
$$Q'_1 = Q'_3 = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$
$$Q'_1 = Q'_3 = \frac{Q}{2}$$

(02) Correta.

(04) Correta.
Esferas 3 e 2:
$$Q''_3 = Q'_2 = \frac{Q'_3 + Q_2}{2}$$
$$Q''_3 = Q'_2 = \frac{Q}{4}$$
Como a esfera condutora 3 está eletrizada, o potencial no seu interior é constante e diferente de zero.
$$\nu_e = K\frac{Q}{R}$$

(08) Correta.
$$C = \frac{R}{K}$$
Como: $R_1 = R_2 = R_3$
Então: $C_1 = C_2 = C_3$

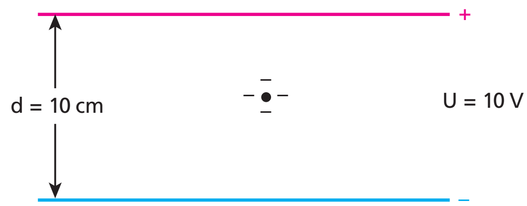
(16) Incorreta.
$$C = \frac{R}{K}$$
Se: $R' = \frac{R}{2}$
Então: $\boxed{C' = \frac{C}{2}}$

(32) Correta.
O potencial de equilíbrio é dado por:
$$\nu_e = \frac{Q_1 + Q_2}{C_1 + C_3}$$
Esferas 1 e 2:
$$Q''_1 = Q'_2 = \frac{Q'_1 + Q_2}{2}$$
$$Q''_1 = Q'_2 = \frac{Q}{4}$$
Como: $Q_1 = 0$ e $Q_3 = Q$
Então: $\boxed{\nu_e = \frac{Q}{C_1 + C_3}}$

Portanto, a soma dos números das afirmativas verdadeiras é **46**.

Resposta: 46

116 (UEM-PR) Uma pequena esfera, negativamente carregada e com massa igual a 100 g, encontra-se em equilíbrio no ponto médio do interior de um capacitor formado por duas placas paralelas, horizontalmente dispostas, como mostra a figura. Considerando que a distância entre as placas é de 10 cm, que a diferença de potencial entre elas é de 10 V e que a aceleração da gravidade é g = 10 m/s², indique o que for correto.



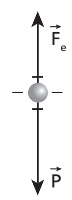
(01) A intensidade do campo elétrico entre as placas é igual a 1 V/m.
(02) A esfera eletrizada possui carga igual a $1 \cdot 10^{-2}$ C.
(04) Ao dobrar-se a diferença de potencial entre as placas, para que a esfera permaneça em equilíbrio, deve-se dobrar o valor da sua carga.
(08) Aumentando em 1% o valor da carga sobre a esfera, nas condições iniciais do enunciado, o tempo que esta levará para atingir a placa superior será de 1 s.
(16) Com o aumento em 1% do valor da carga, a velocidade da esfera, ao atingir a placa superior, será de 0,1 m/s.
(32) Ao inverter-se a polaridade das placas, a esfera eletrizada sofrerá uma aceleração constante.

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

Resolução:

(01) Incorreta.
$$E\,d = U$$
$$E \cdot 0{,}10 = 10 \Rightarrow \boxed{E = 100 \text{ V/m}}$$

(02) Correta.



$$F_e = P$$
$$q\,E = m\,g$$
$$q \cdot 100 = 0{,}100 \cdot 10$$
$$\boxed{q = 0{,}01 \text{ C} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ C}}$$

(04) Incorreta.
Como: $E\,d = U$
Dobrando-se a diferença de potencial U, a intensidade do campo elétrico **E** dobra.
Então: $F_e = P$
$q\,E = P$
Se: $E' = 2E$

devemos ter: $\boxed{q' = \dfrac{q}{2}}$

(08) Correta.
$m\,a = F_e - P$
$m\,a = 1{,}01\,q\,E - m\,g$
$0{,}100 \cdot a = 1{,}01 \cdot 1 \cdot 10^{-2} \cdot 100 - 0{,}100 \cdot 10$
$0.100\,a = 1{,}01 - 1{,}00$
$a = 0{,}10\ m/s^2$
Portanto:

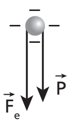
$$\Delta s = v_0\,t + \frac{at^2}{2}$$

$$0{,}05 = 0 + \frac{0{,}10\,t^2}{2}$$

$$t^2 = 1 \Rightarrow \boxed{t = 1{,}0\ s}$$

(16) Correta.
$v = v_0 + at$
$v = 0 + 0{,}1 \cdot 1{,}0 \Rightarrow \boxed{v = 0{,}1\ m/s}$

(32) Correta.



$m\,a = F_e + P$
$m\,a = q\,E + m\,g$

$$a = \frac{q\,E}{m} + g$$

$$a = \frac{1 \cdot 10^{-2} \cdot 100}{m} + 10 \Rightarrow \boxed{a = 20\ m/s^2}$$

Portanto, a soma dos números das alternativas verdadeiras é **58**.

Resposta: 58

117 (Ufop-MG) Considere duas esferas de cobre, de diâmetros $d_1 = 10 \cdot 10^{-2}$ m e $d_2 = 4 \cdot 10^{-2}$ m, inicialmente isoladas, muito afastadas e carregadas com carga negativa $Q_1 = -21 \cdot 10^{-6}$ C e com carga positiva $Q_2 = 35 \cdot 10^{-6}$ C respectivamente. Ligando-se as esferas por meio de um fio de cobre muito fino, após se estabelecer o equilíbrio eletrostático, as cargas nas esferas serão, respectivamente:

Dado: $K = 9 \cdot 10^9 \dfrac{N\,m^2}{C^2}$

a) $16 \cdot 10^{-6}$ C e $40 \cdot 10^{-6}$ C.
b) $4 \cdot 10^{-6}$ C e $10 \cdot 10^{-6}$ C.
c) $40 \cdot 10^{-6}$ C e $16 \cdot 10^{-6}$ C.
d) $10 \cdot 10^{-6}$ C e $4 \cdot 10^{-6}$ C.

Resolução:
Para cada esfera:

$$C = \frac{r}{K}$$

Assim:

$$C_1 = \frac{r_1}{K} = \frac{\dfrac{10 \cdot 10^{-2}}{2}}{9 \cdot 10^9} \quad (F)$$

$$C_1 = \frac{5}{9}\,10^{-11}\ F$$

$$C_2 = \frac{r_2}{K} = \frac{\dfrac{4 \cdot 10^{-2}}{2}}{9 \cdot 10^9} \quad (F)$$

$$C_2 = \frac{2}{9}\,10^{-11}\ F$$

Ao ligarmos as esferas, o potencial comum é calculado por:

$$v = \frac{Q_1 + Q_2}{C_1 + C_3}$$

$$v_e = \frac{-21 \cdot 10^{-6} + 35 \cdot 10^{-6}}{\dfrac{5}{9} + 10^{-11} + \dfrac{2}{9} \cdot 10^{-11}} \quad (V)$$

$$v_e = \frac{14 \cdot 10^{-6}}{\dfrac{7}{9} + 10^{-11}} \quad (V)$$

$$v_e = 1{,}8 \cdot 10^6 \quad (V)$$

Assim, cada esfera tem, no final, carga igual a:

$$Q'_1 = C_1 \cdot v_e$$

$$Q'_1 = \frac{5}{9} \cdot 10^{-11} \cdot 1{,}8 \cdot 10^6 \ \ (C)$$

$$Q'_1 = 1{,}0 \cdot 10^{-5}\ \ C$$

$$\boxed{Q'_1 = 10 \cdot 10^{-6}\ \ C}$$

$$Q'_2 = C_2 \cdot v_e$$

$$Q'_2 = \frac{2}{9} \cdot 10^{-11} \cdot 1{,}8 \cdot 10^6 \ \ (C)$$

$$\boxed{Q'_2 = 4 \cdot 10^{-6}\ C}$$

Resposta: d

118 (UFRJ) Uma esfera de vidro **A** foi positivamente carregada sendo atritada uniformemente com um retalho de seda. A esfera **A**, assim carregada, produz, no ponto **P**, ilustrado na figura 1, um campo elétrico $\vec{E}$.

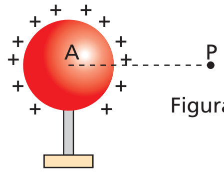


Figura 1

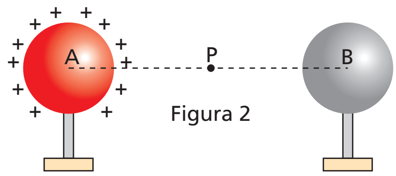


Figura 2

Uma outra esfera **B**, feita de cobre e com carga total nula, é aproximada da esfera **A** por meio de um suporte isolante (figura 2). Nessa nova situação, o campo elétrico no ponto P é: $\vec{E}'$.

a) Faça um esboço do vetor campo elétrico no ponto **P**, no caso da figura 1, indicando a direção e o sentido.

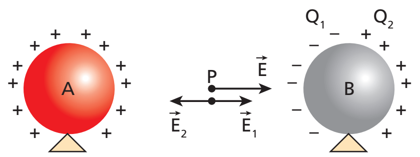
b) Faça um esboço para o campo no ponto **P**, no caso da figura 2, e compare os módulos de $\vec{E}$ e $\vec{E}'$, afirmando se $|\vec{E}| = |\vec{E}'|$; $|\vec{E}| > |\vec{E}'|$ ou $|\vec{E}| < |\vec{E}'|$. Justifique sua resposta.

Resolução:

a)

O campo gerado por carga elétrica positiva tem sentido de "afastamento".

b)



Em **B**, temos uma separação de cargas (indução).

Em **P**, encontramos os vetores $\vec{E}$, $\vec{E}_1$ e $\vec{E}_2$. Observe que $|\vec{E}_1| > |\vec{E}_2|$, pois as cargas negativas, **responsáveis** por $\vec{E}_1$, estão mais próximos de **P**.

Assim:

Sendo $\vec{E}' = \vec{E} + \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

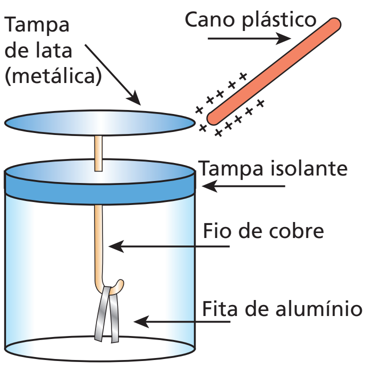
Portanto: $|\vec{E}| < |\vec{E}'|$

Respostas: a)

b)

$|\vec{E}| < |\vec{E}'|$

119 (UFRJ) Um aluno montou um eletroscópio para a Feira de Ciências da escola, conforme ilustrado na figura abaixo. Na hora da demonstração, o aluno atritou um pedaço de cano plástico com uma flanela, deixando-o eletrizado positivamente, encostou-o na tampa metálica e, em seguida, o retirou.



O aluno observou, então, um ângulo de abertura α_1 na fita de alumínio.

a) Explique o fenômeno físico ocorrido com a fita metálica.

b) O aluno, em seguida, tornou a atritar o cano com a flanela e o reaproximou da tampa de lata sem encostar nela, observando um ângulo de abertura α_2 na fita de alumínio. Compare α_1 e α_2, justificando sua resposta.

Resolução:

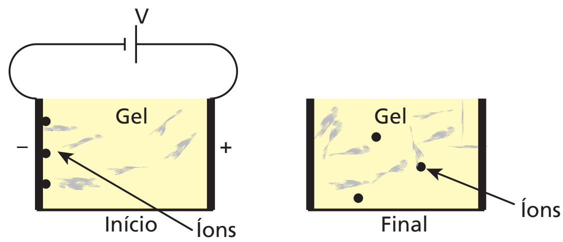
a) Ao tocar a tampa metálica, o bastão retira elétrons, tornando a tampa, o fio de cobre e a fita de alumínio eletrizados positivamente. As duas partes da fita de alumínio, estando eletrizados com cargas de mesmo sinal (positivas), repelem-se, ficando afastadas de um ângulo α_1.

b) Quando o bastão, eletrizado positivamente, se aproxima da tampa metálica, provocará, por indução, o "afastamento" de cargas positivas para a fita de alumínio. Assim, a carga total na fita aumentará, o que provocará um afastamento mais intenso entre as partes dessa fita. Logo, o ângulo α_2 formado será maior que α_1 anterior.

Respostas: a) Eletrização, repulsão; b) $\alpha_2 > \alpha_1$

120 (UFSC) Para entender como funciona a eletroforese do DNA, um estudante de Biologia colocou íons de diferentes massas e cargas em um gel que está dentro de uma cuba, na qual há eletrodos em duas extremidades opostas. Os eletrodos podem ser considerados grandes placas paralelas separadas por 0,2 m. Após posicionar os íons, o estudante aplicou entre as placas uma diferença de potencial de 50 J/C, que foi posteriormente desligada. O meio onde os íons se encontram é viscoso e a força resistiva precisa ser considerada. Os íons deslocam-se no sentido da placa negativamente carregada para a placa positivamente carregada e íons maiores tendem a deslocar-se menos. (Desconsidere o efeito do gel no campo elétrico.)

As figuras mostram esquemas do experimento e do resultado.



Observe-as e indique a(s) posição(ões) correta(s).

(01) Enquanto a diferença de potencial estiver aplicada, a força elétrica que atua em um íon será constante, independentemente de sua posição entre as placas.

(02) Pelo sentido do movimento dos íons, podemos afirmar que eles têm carga negativa.

(04) Quanto maior for a carga do íon, mais intensa vai ser a força elétrica que atua sobre ele.

(08) Os íons maiores têm mais dificuldade de se locomover pelo gel. Por esse motivo, podemos separar os íons maiores dos menores.

(16) Um íon, com carga de módulo $8{,}0 \cdot 10^{-19}$ C, que se deslocou 0,1 m do início ao fim do experimento, dissipou $2 \cdot 10^{-17}$ J no meio viscoso.

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

Resolução:

(01) Correta.
O campo elétrico entre as placas é praticamente uniforme.

(02) Correta.

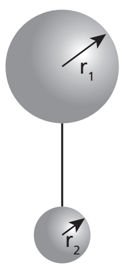
(04) Correta.
$F_e = |q|\, E$

(08) Correta.
A força resistiva é maior no íon maior.

(16) Correta.
Como os íons param, a energia dissipada é igual ao trabalho realizado pelo campo elétrico.
$\Delta E_d = \tau = q\,(\nu_{início} - \nu_{final})$
Como entre as placas (d = 0,2 m) a tensão é 50 J/C, se o íon percorre d = 0,1 m, o potencial do ponto de chegada do íon é metade (E d = U).
Assim:
$U = (\nu_{início} - \nu_{final}) = 25$ J/C
Portanto:
$\Delta E_d = 8{,}0 \cdot 10^{-19} \cdot 25$ (J)
$\Delta E_d = 200 \cdot 10^{-19}$ J
$\boxed{\Delta E_d = 2 \cdot 10^{-17}\text{ J}}$

Resposta: 31

121 (UFC-CE) Duas esferas condutoras de raios r_1 e r_2 estão separadas por uma distância muito maior que o raio de qualquer das duas esferas. As esferas estão conectadas por um fio condutor, como mostra a figura abaixo.



Se as cargas das esferas em equilíbrio são, respectivamente, q_1 e q_2, determine:

a) a razão entre as cargas q_1 e q_2;

b) a razão entre as intensidades do campo elétrico na superfície das esferas em função de r_1 e r_2.

Resolução:

a) Se as esferas estão conectadas por um fio condutor, elas estão em equilíbrio e eletrostático e seus potenciais são iguais.
$\nu_1 = \nu_2$
$$K\frac{q_1}{r_1} = K\frac{q_2}{r_2}$$
$$\boxed{\frac{q_1}{q_2} = \frac{r_1}{r_2}}$$

b) $$E_{sup} = \frac{E_{próx}}{2} = \frac{1}{2}K\frac{|Q|}{r^2}$$
$$\frac{E_{S_1}}{E_{S_2}} = \frac{\frac{1}{2}K\frac{|q_1|}{r_1^2}}{\frac{1}{2}K\frac{|q_2|}{r_2^2}}$$
$$\frac{E_{S_1}}{E_{S_2}} = \frac{|q_1|\, r_2^2}{|q_2|\, r_1^2}$$
Mas:
$$\frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{r_1}{r_2}$$
Assim:
$$\frac{E_{S_1}}{E_{S_2}} = \frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{r_2^2}{r_1^2}$$
$$\boxed{\frac{E_{S_1}}{E_{S_2}} = \frac{r_2}{r_1}}$$

Respostas: a) $\frac{r_1}{r_2}$; b) $\frac{r_2}{r_1}$

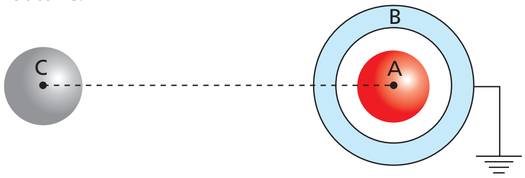
122 O sistema de condutores perfeitos da figura consta de duas esferas de raios $r_1 = a$ e $r_2 = 2a$, interligadas por um longo fio condutor de capacidade nula. Quando o sistema é eletrizado com carga positiva **Q**, após o equilíbrio eletrostático ser alcançado, o condutor de raio r_1 apresenta densidade superficial de carga σ_1 e o de raio r_2 apresenta densidade superficial de carga σ_2. Nessa situação, qual a relação $\frac{\sigma_1}{\sigma_2}$?

Resolução:

$$\nu_e = \frac{Q}{C_1 + C_2} = \frac{Q}{\frac{a}{K} + \frac{2a}{K}} \Rightarrow \nu_e = \frac{KQ}{3a}$$
$$Q'_1 = C_1\,\nu_e = \frac{a}{K} \cdot \frac{KQ}{3a} \Rightarrow Q'_1 = \frac{Q}{3}$$
$$Q'_2 = \frac{2Q}{3}$$
Sendo:
$$\sigma_1 = \frac{Q'_1}{4\pi\, r_1^2} \Rightarrow \sigma_1 = \frac{Q}{3 \cdot 4\pi\, a^2}$$
$$\sigma_2 = \frac{Q'_2}{4\pi\, r_2^2} \Rightarrow \sigma_2 = \frac{2\,Q}{3 \cdot 4\pi\, 4a^2}$$
Temos:
$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{\frac{Q}{12\pi\, a^2}}{\frac{2Q}{48\pi\, a^2}} \Rightarrow \boxed{\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 2}$$

Resposta: 2

123 (PUC-SP) Dois condutores **A** e **B** são esféricos e concêntricos. O condutor **A** é maciço e tem raio de 2 cm e carga de 5 μC. O condutor **B**, ligado à terra, tem raio interno de 4 cm e raio externo de 5 cm. Um condutor **C**, inicialmente neutro, é aproximado do condutor **B**, sem tocá-lo. Nessas condições, podemos afirmar que, após a aproximação do condutor **C**:



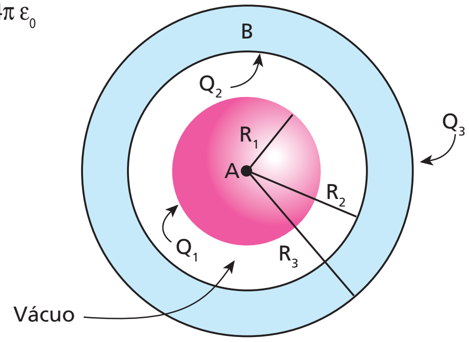
a) a carga do condutor **A** passa a ser nula.
b) a carga total do condutor **B** é nula.
c) a carga induzida no condutor **C** é de +5 μC.
d) a carga induzida no condutor **C** é nula.
e) a carga induzida no condutor **C** é de –5 μC.

Resolução:
1) O condutor **A** não está em contato com outro condutor. Assim, a sua carga mantém-se constante. (5 μC)
2) O condutor **B** está em contato com a terra. Assim, ele pode receber ou perder elétrons. Sua carga pode variar.
3) O condutor **C** não está em contato com outro condutor. Assim sua carga total permanecerá a mesma (zero).

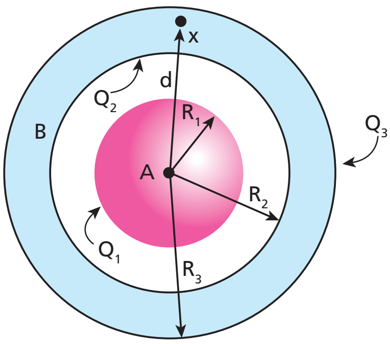
Resposta: d

124 (FEI-SP) Duas esferas condutoras concêntricas **A** e **B** possuem raios $R_1 = 10$ cm, $R_2 = 20$ cm e $R_3 = 25$ cm e estão eletrizadas de forma que a diferença de potencial entre elas é $V_A - V_B = 9$ kV e a carga total da esfera **B** é de 0,3 μC. Determine as cargas Q_1, Q_2 e Q_3 existentes nas superfícies dessas esferas.

Dado: $\dfrac{1}{4\pi\,\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9\ \text{N m}^2\,\text{C}^{-2}$



Resolução:
$R_1 = 0{,}1$ m
$R_2 = 0{,}2$ m
$R_3 = 0{,}25$ m



$Q_2 + Q_3 = 0{,}3$ μC (Dado)
$Q_2 = -Q_1$ (Indução total)
$V_A - V_B = 9$ kV (Dado)

$$V_A = \frac{K\,Q_1}{R_1} + \frac{K\,Q_2}{R_2} + \frac{K\,Q_3}{R_3}$$

$$V_B = V_X = \cancel{\frac{K\,Q_1}{R_1}} + \cancel{\frac{K\,Q_2}{R_2}} + \frac{K\,Q_3}{R_3} = \frac{K\,Q_3}{R_3}$$

$$V_A - V_B = \frac{K\,Q_1}{R_1} + \frac{K\,Q_2}{R_2}$$

$$V_A - V_B = 9 \cdot 10^9 \left(\frac{Q_1}{0{,}1} - \frac{Q_1}{0{,}2}\right) = 9 \cdot 10^3$$

$$10Q_1 - 5Q_1 = 1 \cdot 10^{-6} \ \Rightarrow\ 5Q_1 = 1 \cdot 10^{-6}$$

$$\boxed{Q_1 = 0{,}2\ \mu\text{C}}$$

Então:

$$\boxed{Q_2 = -\,0{,}2\ \mu\text{C}}$$

Além disso:

$$Q_2 + Q_3 = 0{,}3\ \mu\text{C} \ \Rightarrow\ (-\,0{,}2\ \mu\text{C}) + Q_3 = 0{,}3\ \mu\text{C}$$

$$\boxed{Q_3 = 0{,}5\ \mu\text{C}}$$

Respostas: $Q_1 = +0{,}2$ μC; $Q_2 = -\,0{,}2$ μC; $Q_3 = +0{,}5$ μC

125 (UFBA) Aviões com revestimento metálico, voando em atmosfera seca, podem atingir elevado grau de eletrização, muitas vezes evidenciado por um centelhamento para a atmosfera, conhecido como fogo-de-santelmo. Assim, é correto afirmar que:
(01) a eletrização do revestimento dá-se por indução.
(02) o campo elétrico no interior do avião, causado pela eletrização do revestimento, é nulo.
(04) a eletrização poderia ser evitada revestindo-se o avião com material isolante.
(08) o centelhamento ocorre preferencialmente nas partes pontiagudas do avião.
(16) o revestimento metálico não é uma superfície equipotencial, pois, se o fosse, não haveria centelhamento.
(32) dois pontos quaisquer no interior do avião estarão a um mesmo potencial, desde que não haja outras fontes de campo elétrico nessa região.

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

Resolução:
(01) Incorreta.
A eletrização do revestimento do avião ocorre devido ao atrito com o ar.
(02) Correta.
No interior de um condutor eletrizado e em equilíbrio eletrostático, o campo elétrico é nulo.
(04) Incorreta.
A eletrização por atrito também pode ocorrer em materiais isolantes.
(08) Correta.
As descargas elétricas ocorrem preferencialmente nas regiões pontiagudas (poder de pontas).

(16) Incorreta.
Apesar de o campo elétrico ser mais intenso nas regiões pontiagudas, os potenciais são iguais em todos os pontos da superfície do avião.

(32) Correta.
As cargas elétricas originadas pelo atrito se distribuem pela superfície condutora do avião até que os potenciais sejam iguais em todos os pontos.

Portanto, a soma dos números das alternativas verdadeiras é **42**.

Resposta: 42

126 (IME-RJ) Uma esfera de plástico, maciça, é eletrizada, ficando com uma densidade de carga superficial $\sigma = +0{,}05\ C/m^2$. Em consequência, se uma carga puntiforme $q = +1\ \mu C$ fosse colocada exteriormente a 3 metros do centro da esfera, sofreria uma repulsão de $0{,}02\pi$ newtons. A esfera é descarregada e cai livremente de uma altura de 750 metros, adquirindo ao fim da queda uma energia de $0{,}009\,\pi$ joules.

Determine a massa específica do plástico da esfera.

Dados: aceleração da gravidade: $g = 10\ m/s^2$; $K_0 = 9 \cdot 10^9\ \frac{N\,m^2}{C^2}$.

Resolução:

Densidade superficial de cargas:

$\sigma = \frac{Q}{A} \Rightarrow 0{,}05 = \frac{Q}{4\pi R^2}$

$Q = 0{,}2\pi R^2$

Repulsão entre as cargas:

$F = K\frac{|Q\,q|}{d^2}$

$0{,}02\pi = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{0{,}2\pi R^2 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{3^2}$

$1 = 10^4 R^2 \Rightarrow R = 1 \cdot 10^{-2}\ m$

Na queda da esfera:

$E_P = m\,g\,h$

$0{,}009\,\pi = m \cdot 10 \cdot 750$

$m = 1{,}2 \cdot 10^{-6}\,\pi\ kg$

Portanto, a massa específica da esfera é dada por:

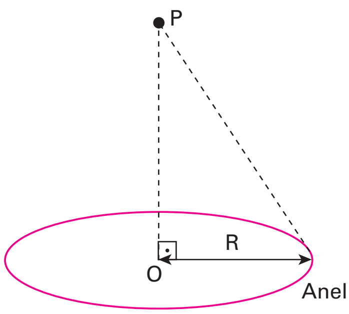
$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi R^3}$

$\rho = \frac{3m}{4\pi R^3} = \frac{3 \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-6}\,\pi}{4\pi \cdot (10^{-2})^3}$

$\boxed{\rho = 0{,}9\ kg/m^3}$

Resposta: $0{,}9\ kg/m^3$

127 Um anel encontra-se uniformemente eletrizado com uma carga elétrica total de 9,0 pC ($9{,}0 \cdot 10^{-12}$ C) e tem raio **R** igual a 3,0 cm. Observe a figura a seguir. **Dado:** $K = 9 \cdot 10^9\ N\,m^2\,C^{-2}$



Determine:

a) a intensidade do vetor campo elétrico no centro **O**;
b) o potencial elétrico no ponto **O**;
c) o potencial elétrico no ponto **P**, sendo a distância OP = 4,0 cm.

Resolução:

a) Como a distribuição de cargas no anel é uniforme, a intensidade do campo elétrico no seu centro é nula.

$\boxed{E_0 = 0}$

b) $\nu = K\frac{Q}{d}$

$\nu_0 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{9{,}0 \cdot 10^{-12}}{3{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{\nu_0 = 2{,}7\ V}$

c) $\nu = K\frac{Q}{d}$

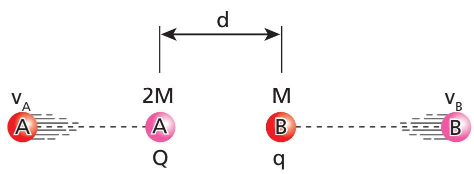
em que $d = 5{,}0\ cm = 5{,}0 \cdot 10^{-2}\ m$. Para cálculo de **d** deve-se usar Pitágoras (ver figura).

$\nu_P = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{9{,}0 \cdot 10^{-12}}{5{,}0 \cdot 10^{-2}}$

$\boxed{\nu_P = 1{,}62\ V}$

Respostas: a) zero; b) 2,7 V; c) 1,62 V

128 Duas partículas **A** (massa 2 M, carga positiva **Q**) e **B** (massa **M**, carga positiva **q**), separadas por uma distância **d**, são abandonadas no vácuo, a partir do repouso, como mostra a figura:



Suponha que as únicas forças atuantes nas partículas sejam as forças eletrostáticas devidas às suas cargas.

Sendo **K** a constante eletrostática do vácuo, determine:

a) os módulos das velocidades v_A e v_B das partículas **A** e **B** quando a distância entre elas for "infinita", ou seja, quando estiverem afastadas o suficiente para que a interação entre elas se torne desprezível;
b) a velocidade com que **B** chegaria ao "infinito" se a partícula **A** fosse fixa.

Resolução:

a) Usando a Teoria da Conservação da Quantidade de Movimento, temos:

$Q_f = Q_i$

$2\,M\,v_A + M\,v_B = 0 \Rightarrow 2\,M\,v_A = -M\,v_B$

$v_B = -2v_A$

O sinal negativo indica que v_A e v_B possuem sentidos opostos.

Usando a Teoria da Conservação de Energia, temos:

$E_{inicial} = E_{final}$

$K\frac{Q\,q}{d} = \frac{2\,M\,v_A^2}{2} + \frac{M\,v_B^2}{2} \Rightarrow K\frac{Q\,q}{d} = M\,v_A^2 + \frac{M\,(-2\,v_A)^2}{2}$

$\Rightarrow K\frac{Q\,q}{d} = M\,v_A^2 + M\frac{4\,v_A^2}{2} \Rightarrow K\frac{Q\,q}{d} = 3\,M\,v_A^2$

$\boxed{v_A = \sqrt{\frac{K\,Q\,q}{3\,M\,d}}}$ e $\boxed{v_B = 2\sqrt{\frac{K\,Q\,q}{3\,M\,d}}}$

b) $E_{inicial} = E_{final}$

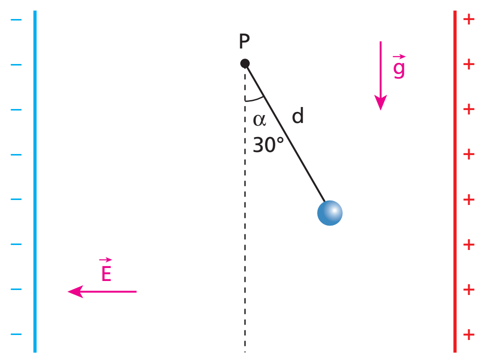
$$K\frac{Q\,q}{d} = \frac{M\,v_B^2}{2}$$

$$\boxed{v_B = \sqrt{\frac{2K\,Q\,q}{3\,M\,d}}}$$

Respostas: a) $v_A = \sqrt{\frac{K\,Q\,q}{3\,M\,d}}$; $v_B = 2\sqrt{\frac{K\,Q\,q}{3\,M\,d}}$; b) $v_B = \sqrt{\frac{2K\,Q\,q}{3\,M\,d}}$

129 (Fuvest-SP) Um pêndulo, constituído de uma pequena esfera, com carga elétrica $q = +2{,}0 \cdot 10^{-9}$ C e massa $m = 3\sqrt{3} \cdot 10^{-4}$ kg, ligada a uma haste eletricamente isolante, de comprimento $d = 0{,}40$ m e massa desprezível, é colocado em um campo elétrico constante $\vec{E}$ ($|\vec{E}| = 1{,}5 \cdot 10^{+6}$ N/C). Esse campo é criado por duas placas condutoras verticais, carregadas eletricamente.

O pêndulo é solto na posição em que a haste forma um ângulo $\alpha = 30°$ com a vertical (ver figura) e, assim, ele passa a oscilar em torno de uma posição de equilíbrio. São dados sen $30° = \frac{1}{2}$, sen $45° = \frac{\sqrt{2}}{2}$ e sen $60° \frac{\sqrt{3}}{2}$. Na situação apresentada, considerando-se desprezíveis os atritos, determine ($g = 10$ m/s²):

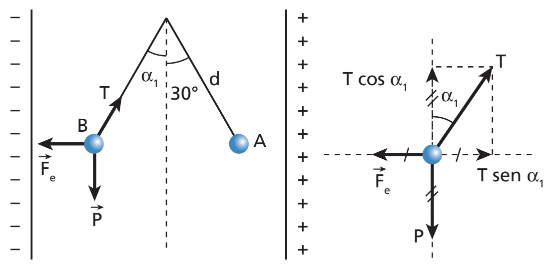


a) os valores dos ângulos α_1, que a haste forma com a vertical, na posição de equilíbrio, e α_2, que a haste forma com a vertical na posição de máximo deslocamento angular, e represente graficamente esses ângulos;

b) a energia cinética **K**, da esfera, quando ela passa pela posição de equilíbrio.

Resolução:

Ao ser abandonada dessa posição, que chamaremos de **A**, o pêndulo oscilará, existindo uma posição de equilíbrio, que chamaremos de **B**.

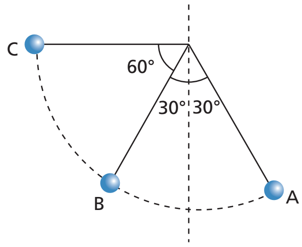


$$\begin{cases} T\,\text{sen}\,\alpha_1 = F_e = |q|\,E \\ T\cos\alpha_1 = P = m\,g \end{cases}$$

$$\frac{T\,\text{sen}\,\alpha_1}{T\cos\alpha_1} = \frac{|q|\,E}{m\,g} \Rightarrow \text{tg}\,\alpha_1 = \frac{2{,}0 \cdot 10^{-9} \cdot 1{,}5 \cdot 10^6}{3 \cdot \sqrt{3} \cdot 10^{-4} \cdot 10}$$

$$\text{tg}\,\alpha_1 = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \boxed{\alpha_1 = 30°}$$

Atenção: em relação a **B** (posição de equilíbrio), o pêndulo atinge duas posições de distanciamento máximo, nos pontos **A** e **C**.



Portanto:

$\alpha_2 = 60° + 30°$

$$\boxed{\alpha_2 = 90°}$$

b) Usando o Teorema de Energia Cinética (TEC) entre as posições **A** e **B**, temos:

$\tau_{total} = \Delta E_{cin}$

$$\cancelto{0}{\tau_{peso}} + \cancelto{0}{\tau_{tração}} + \tau_{CE} = E_{C_{final}} - \cancelto{0}{E_{C_{inicial}}}$$

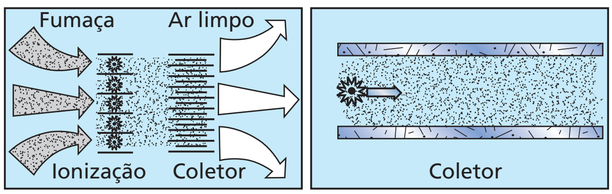
$E_{C_{final}} = F_e \cdot d_{AB} = |q|\,E\,d_{AB}$

$E_{C_{final}} = 2{,}0 \cdot 10^{-9} \cdot 1{,}5 \cdot 10^6 \cdot 0{,}40$

$$\boxed{E_{C_{final}} = 1{,}2 \cdot 10^{-3}\text{ J}}$$

Respostas: a) 30°, 90°; b) $1{,}2 \cdot 10^{-3}$ J

130 (Unicamp-SP) A fumaça liberada no fogão durante a preparação de alimentos apresenta gotículas de óleo com diâmetros entre 0,05 µm e 1 µm. Uma das técnicas possíveis para reter essas gotículas de óleo é utilizar uma coifa eletrostática, cujo funcionamento é representado no esquema abaixo: a fumaça é aspirada por uma ventoinha, forçando sua passagem através de um estágio de ionização, no qual as gotículas de óleo adquirem carga elétrica. Essas gotículas carregadas são conduzidas para um conjunto de coletores formados por placas paralelas, com um campo elétrico entre elas, e neles se precipitam.



a) Qual a massa das maiores gotículas de óleo? Considere a gota esférica, a densidade do óleo é $\rho_{óleo} = 9{,}0 \cdot 10^2$ kg/m³ e $\pi = 3$.

b) Quanto tempo a gotícula leva para atravessar o coletor? Considere a velocidade do ar arrastado pela ventoinha como sendo 0,6 m/s e o comprimento do coletor igual a 0,30 m.

c) Uma das gotículas de maior diâmetro tem uma carga de $8 \cdot 10^{-19}$ C (equivalente à carga de apenas 5 elétrons!). Essa gotícula fica retida no coletor para o caso ilustrado na figura? A diferença de potencial entre as placas é de 50 V e a distância entre as placas do coletor é de 1 cm. Despreze os efeitos do atrito e da gravidade.

Resolução:

a) Sabemos que:

$\rho = \dfrac{m}{v}$

$v_{esfera} = \dfrac{4}{3}\pi R^3$

Assim:

$m = \rho \cdot v_e = \rho \, \dfrac{4}{3}\pi R^3$

Do texto, sabemos que o raio da maior gotícula vale 0,5 μm.

Portanto:

$m = 9{,}0 \cdot 10^2 \cdot \dfrac{4}{3} \cdot 3 \cdot (0{,}5 \cdot 10^{-6})^3$

$\boxed{m = 4{,}5 \cdot 10^{-16}\ \text{kg}}$

b) Na direção perpendicular ao campo elétrico, o movimento da gotícula é uniforme.

$v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$

$\Delta t = \dfrac{\Delta s}{v} = \dfrac{0{,}3}{0{,}6}\ (\text{s})$

$\boxed{\Delta t = 0{,}5\ \text{s}}$

c) Na direção do campo elétrico, o movimento da gotícula é uniformemente variado (MUV).

Assim:

$F = |q|\,E$

$m\,a = |q|\,E$

$a = \dfrac{|q|\,E}{m}$

Mas:

$E\,d = U \Rightarrow E = \dfrac{U}{d}$

Então:

$a = \dfrac{|q|\,U}{m\,d} = \dfrac{8 \cdot 10^{-19} \cdot 50}{4{,}5 \cdot 10^{-16} \cdot 1 \cdot 10^{-2}}\ (\text{m/s}^2)$

$a = \dfrac{4{,}0}{4{,}5}\ \text{m/s}^2 = \dfrac{80}{9}\ \text{m/s}^2$

Supondo que a gotícula esteja a uma distância $\dfrac{d}{2}$ de uma das placas (no meio do tubo), temos:

$\Delta s = v_0 t + \dfrac{\gamma t^2}{2}$

$\dfrac{d}{2} = \dfrac{a t^2}{2}$

$1 \cdot 10^{-2} = \dfrac{80}{9} \cdot t^2$

$\boxed{t \simeq 0{,}034\ \text{s}}$

Observe que esse valor é bem menor que o 0,5 s calculado no item **b** (tempo que a gotícula leva para atravessar o tubo). Assim, concluímos que as gotículas são retidas nas placas do coletor.

Respostas: a) $4{,}5 \cdot 10^{-16}$ kg; b) 0,5 s; c) Sim, a gotícula é retida no coletor.

131 (Fuvest-SP) Uma pequena esfera, com carga positiva $Q = 1{,}5 \cdot 10^{-9}$ C, está a um altura $D = 0{,}05$ m acima da superfície de uma grande placa condutora, ligada à terra, induzindo sobre essa superfície cargas negativas, como na figura 1. O conjunto dessas cargas estabelece um campo elétrico que é idêntico, apenas na parte do espaço acima da placa, ao campo gerado por uma carga +Q e uma carga –Q, como se fosse uma "imagem" de **Q** que estivesse colocada na posição representada na figura 2.

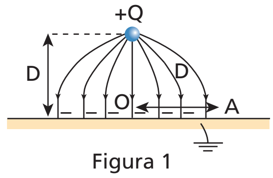


Figura 1

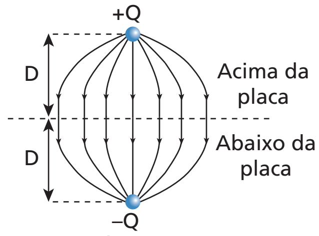


Figura 2

a) Determine a intensidade da força **F**, em N, que age sobre a carga +Q, devida às cargas induzidas na placa.

b) Determine a intensidade do campo elétrico E_0, em V/m, que as cargas negativas induzidas na placa criam no ponto onde se encontra a carga +Q.

c) Represente, no ponto **A**, os vetores campo elétrico $\vec{E}_+$ e $\vec{E}_-$, causados, respectivamente, pela carga +Q e pelas cargas induzidas na placa, bem como o campo resultante $\vec{E}_A$. O ponto **A** está a uma distância **D** do ponto **O** da figura e muito próximo à placa, mas acima dela.

d) Determine a intensidade do campo elétrico resultante E_A, em V/m, no ponto **A**.

Note e adote:

$F = \dfrac{kQ_1Q_2}{r^2}$; $E = \dfrac{k\,Q}{r^2}$, em que:

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

1 V/m = 1 N/C

Resolução:

a) Lei de Coulomb:

$F = K\,\dfrac{|Q_1\,Q_2|}{r^2}$

$F = 9 \cdot 10^9\ \dfrac{1{,}5 \cdot 10^{-9} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-9}}{(2 \cdot 0{,}05)^2}\ (\text{N})$

$F = 2{,}025 \cdot 10^{-6}$ N

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

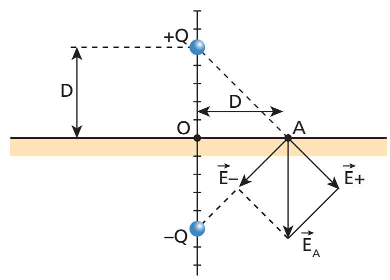
b) Usando-se:

$F = |Q|\,E_0$

$2{,}025 \cdot 10^{-6} = 1{,}5 \cdot 10^{-9}\,E_0$

$\boxed{E_0 = 1{,}35 \cdot 10^3\ \text{V/m}}$

c)



d) Para o cálculo do campo individual de cada carga, usamos:

$|\vec{E}_+| = |\vec{E}_-| = K \frac{|Q|}{r^2}$

Na figura, observamos que:

$r = D\sqrt{2}$

Assim, temos:

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

$|\vec{E}_+| = |\vec{E}_-| = 2,7 \cdot 10^3$ V/m

Aplicando-se Pitágoras, vem:

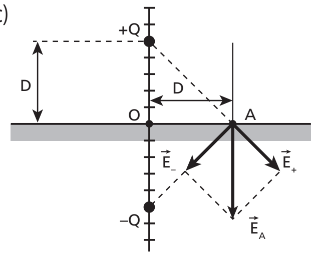
$E_A^2 = E_+^2 + E_-^2 = 2\,E^2$

$E_A^2 = 2 \cdot (2,7 \cdot 10^3)^2$

$E_A = 2,7\sqrt{2} \cdot 10^3$ V/m

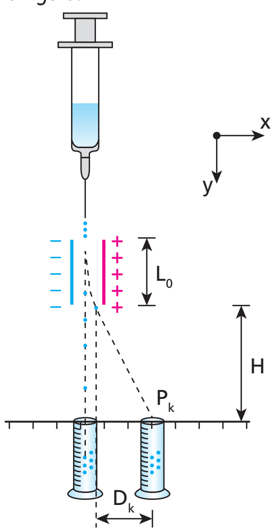
$\boxed{E_A \simeq 3,8 \cdot 10^3 \text{ V/m}}$

Respostas: a) $2,0 \cdot 10^{-6}$ N
b) $1,35 \cdot 10^3$ V/m
c)



d) $3,8 \cdot 10^3$ V/m

132 (Fuvest-SP) Um selecionador eletrostático de células biológicas produz, a partir da extremidade de um funil, um jato de gotas com velocidade $\mathbf{V_{0_y}}$ constante. As gotas, contendo as células que se quer separar, são eletrizadas. As células selecionadas, do tipo **K**, em gotas de massa **M** e eletrizadas com carga **–Q**, são desviadas por um campo elétrico uniforme **E**, criado por duas placas paralelas carregadas, de comprimento $\mathbf{L_0}$. Essas células são recolhidas no recipiente colocado em $\mathbf{P_K}$, como na figura.



Para as gotas contendo células do tipo **K**, utilizando em suas respostas apenas **Q**, **M**, **E**, $\mathbf{L_0}$, **H** e $\mathbf{V_{0_y}}$, determine:

a) A aceleração horizontal $\mathbf{A_x}$ dessas gotas, quando elas estão entre as placas.

b) A componente horizontal $\mathbf{Y_x}$, da velocidade com que essas gotas saem, no ponto **A**, da região entre as placas.

c) A distância $\mathbf{D_k}$, indicada no esquema, que caracteriza a posição em que essas gotas devem ser recolhidas.

(Nas condições dadas, os efeitos gravitacionais podem ser desprezados.)

Resolução:

a) Usando-se a 2ª lei de Newton e a expressão da força elétrica, temos:

$$\begin{cases} F = M\,A_x \\ F = Q\,E \end{cases}$$

Igualando-se as expressões:

$M\,A_x = Q\,E$

$$\boxed{A_x = \frac{Q\,E}{M}}$$

b) Decompondo-se a velocidade no ponto **A**, nas direções horizontal e vertical, temos um movimento uniformemente variado na horizontal, sendo:

$V = V_0 + \gamma\,t$

$V_x = A_x\,t$

Na vertical a velocidade é mantida constante (movimento uniforme), assim:

$S = S_0 + V\,t$

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

Portanto:

$V_x = A_x \cdot \frac{L_0}{V_{0_y}}$

Usando a relação obtida no item a, temos:

$$\boxed{V_x = \frac{Q\,E\,L_0}{MV_{0_y}}}$$

c) Para percorrer a distância vertical **H** (em movimento uniforme), a gota demora:

$S = S_0 + V\,t$

$H = V_{0_y} \cdot t_1 \ \Rightarrow \ t_1 = \frac{H}{V_{0_y}}$

Na horizontal, fora das placas, o movimento das gotas é uniforme. Assim,

$S = S_0 + V\,t$

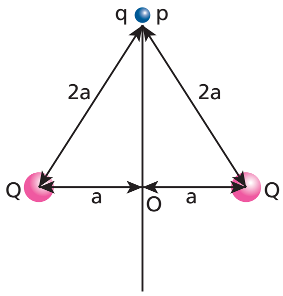
$D_k = 0 + V_x \cdot t_1$

$D_k = \frac{Q\,E\,L_0}{MV_{0_y}} \cdot \frac{H}{V_{0_y}}$

$$\boxed{D_k = \frac{Q\,E\,L_0\,H}{M\,V_{0_y}^2}}$$

Respostas: a) $A_x = \frac{Q\,E}{M}$; b) $V_x = \frac{Q\,E\,L_0}{MV_{0_y}}$; c) $D_k = \frac{Q\,E\,L_0\,H}{M\,V_{0_y}^2}$

133 (Fuvest-SP) Duas pequenas esferas, com cargas positivas e iguais a **Q**, encontram-se fixas sobre um plano, separadas por uma distância 2a. Sobre esse mesmo plano, no ponto **P**, a uma distância 2a de cada uma das esferas, é abandonada uma partícula com massa **m** e carga **q** negativa. Desconsidere o campo gravitacional e efeitos não-eletrostáticos.



a) A diferença de potencial eletrostático $V = V_0 - V_p$, entre os pontos **O** e **P**.
b) A velocidade **v** com que a partícula passa por **O**.
c) A distância máxima $\mathbf{D_{máx}}$, que a partícula consegue afastar-se de **P**. Se essa distância for muito grande, escreva $\mathbf{D_{máx}}$ = infinito.

Note e adote:
A força **F** entre duas cargas Q_1 e Q_2 é dada por $F = K\,Q_1 \cdot \dfrac{Q_2}{r^2}$ onde **r** é a distância entre as cargas.
O potencial **V** criado por uma carga **Q**, em um ponto **P**, a uma distância **r** da carga, é dado por: $V = K\dfrac{Q}{r^2}$.

Resolução:

a) No ponto **O**, potencial elétrico gerado pelas cargas **Q** e **Q** é determinado por:

$$V_0 = \frac{K\,Q}{a} + \frac{K\,Q}{a}$$

$$V_0 = \frac{2\,K\,Q}{a}$$

No ponto **P**:

$$V_p = \frac{K\,Q}{2a} + \frac{K\,Q}{2a}$$

$$V_p = \frac{K\,Q}{a}$$

A diferença de potencial entre **O** e **P** é:

$$V_0 - V_p = \frac{2\,K\,Q}{a} - \frac{K\,Q}{a}$$

$$\boxed{V_0 - V_p = \frac{K\,Q}{a}}$$

b) O trabalho realizado pela força elétrica provoca a variação da energia cinética da partícula.

$$\tau_{PO} = \frac{mv_O^2}{2} - \frac{mv_P^2}{2}$$

$$q = (V_p - V_0) = \frac{mv_O^2}{2} - \frac{mv_P^2}{2}$$

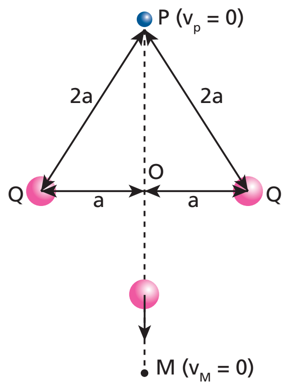
Como $v_p = 0$, a partícula parte do repouso, temos:

$$q\left(\frac{K\,Q}{a} - \frac{2\,K\,Q}{a}\right) = \frac{mv_o^2}{2}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{-2\,K\,Q\,q}{a\,m}}$$

Observação: Como $Q > 0$ e $q < 0$, a expressão interna ao radical é positiva.

c) A máxima distância ($D_{máx}$) ocorre quando a energia cinética da partícula se anula ($v_m = 0$).



Assim, sendo:

$$\tau_{PM} = \frac{mv_M^2}{2} - \frac{mv_P^2}{2}$$

e

$$\tau_{PM} = q\,(v_p - v_M)$$

temos:

$$v_P = v_M$$

Esse fato nos leva a concluir que os pontos **M** e **P** são simétricos em relação ao segmento que une as cargas elétricas.
Assim, por Pitágoras, temos:

$$(OP)^2 = (2a)^2 - (a)^2 = 3a^2$$

$$OP = a\sqrt{3}$$

e

$$\boxed{D_{máx} = PM = 2a\sqrt{3}}$$

Respostas: a) $V_0 - V_p = \dfrac{K\,Q}{a}$; b) $v_0 = \sqrt{\dfrac{-2\,K\,Q\,q}{a\,m}}$;
c) $D_{máx} = PM = 2a\sqrt{3}$

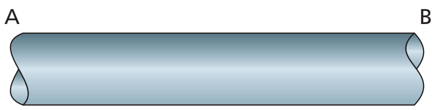
Parte II – ELETRODINÂMICA

Tópico 1

1 Quando uma corrente elétrica é estabelecida em um condutor metálico, quais portadores de carga elétrica entram em movimento ordenado?

Resposta: Elétrons livres.

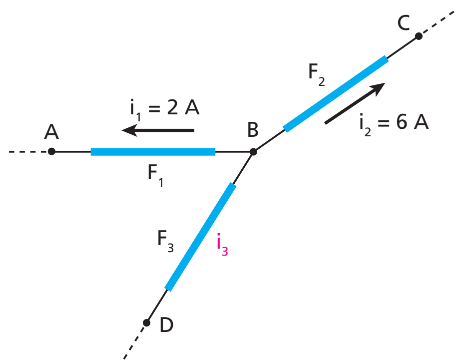
2 Quando as extremidades do fio metálico indicado na figura são submetidas a uma diferença de potencial $U = \nu_B - \nu_A$, em que $\nu_A = 20$ V e $\nu_B = 60$ V, em que sentido se movem seus elétrons livres? Qual é o sentido convencional da corrente elétrica gerada?



Resolução:
- Os elétrons livres se movem para a extremidade em que o potencial elétrico é maior, ou seja, de **A** para **B**.
- O sentido convencional da corrente elétrica é oposto ao do movimento ordenado dos elétrons livres, ou seja, de **B** para **A**.

Resposta: Os elétrons livres se movem de **A** para **B**, e o sentido convencional da corrente é de **B** para **A**.

3 | E.R. Três fios condutores de cobre, F_1, F_2 e F_3, estão interligados por solda, como mostra a figura, e são percorridos por correntes elétricas de intensidades i_1, i_2 e i_3, respectivamente, sendo $i_1 = 2$ A e $i_2 = 6$ A nos sentidos indicados.



Determine:
a) o sentido e a intensidade da corrente elétrica no fio F_3;
b) o sentido em que os elétrons livres percorrem o fio F_3;
c) a quantidade de elétrons livres que passa por uma seção transversal do fio F_3 em cada segundo, sendo $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C a carga elétrica elementar.

Resolução:
a) Como as duas correntes indicadas estão saindo do ponto **B**, a corrente no fio F_3 tem de estar chegando a esse ponto. Então:

O sentido da corrente no fio F_3 é de **D** para **B**.

Além disso, a intensidade da corrente que chega a **B** tem de ser igual à soma das intensidades das correntes que saem desse ponto.

$$i_3 = i_1 + i_2 \Rightarrow i_3 = 2\text{ A} + 6\text{ A}$$

$$\boxed{i_3 = 8\text{ A}}$$

b) Como o sentido da corrente elétrica, sempre convencional, é oposto ao sentido do movimento dos elétrons livres:

Os elétrons livres percorrem o fio F_3 de **B** para **D**.

c) Como $i_3 = 8$ A, concluímos que passam 8 C por qualquer seção transversal de F_3 em cada segundo: $|Q| = 8$ C.
Mas:

$$|Q| = n\,e$$

em que **n** é o número de elétrons pedido.
Então:

$$8 = n \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow \boxed{n = 5 \cdot 10^{19}\text{ elétrons livres}}$$

4 Cerca de 10^6 íons de Na^+ penetram em uma célula nervosa, em um intervalo de tempo de 1 ms, atravessando sua membrana. Calcule a intensidade da corrente elétrica através da membrana, sendo $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C a carga elétrica elementar.

Resolução:

$$i = \frac{|Q|}{\Delta t} = \frac{n\,e}{\Delta t} \Rightarrow \frac{10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1 \cdot 10^{-3}}$$

$$\boxed{i = 1,6 \cdot 10^{-10}\text{ A}}$$

Resposta: $1,6 \cdot 10^{-10}$ A

5 Um fio de cobre é percorrido por uma corrente elétrica constante, de intensidade 10 A. Sendo de $1,6 \cdot 10^{-19}$ C a carga elétrica elementar, determine:
a) o módulo da carga elétrica que atravessa uma seção transversal do condutor, durante um segundo;
b) a quantidade de elétrons que atravessa a citada seção, durante um segundo.

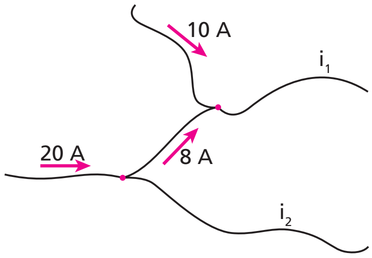
Resolução:

a) $i = 10\text{ A} = \dfrac{10\text{ C}}{\text{s}} \Rightarrow \boxed{|Q| = 10\text{ C}}$

b) $|Q| = n\,e \Rightarrow 10 = n \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow \boxed{n = 6,25 \cdot 10^{19}}$

Respostas: a) 10 C; b) $6,25 \cdot 10^{19}$

6 A figura ilustra fios de cobre interligados:



Considerando as intensidades e os sentidos das correntes elétricas indicadas, calcule i_1 e i_2.

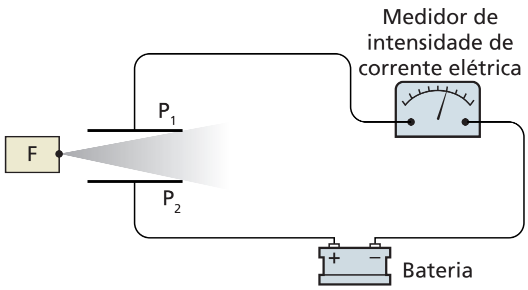
Resolução:

$i_1 = 8 + 10 \Rightarrow \boxed{i_1 = 18\ \text{A}}$

$20 = 8 + i_2 \Rightarrow \boxed{i_2 = 12\ \text{A}}$

Respostas: $i_1 = 18$ A; $i_2 = 12$ A

7 Na montagem esquematizada na figura, P_1 e P_2 são duas placas metálicas ligadas por fios condutores a uma bateria e a um medidor de intensidade de corrente elétrica e **F** é uma fonte de radiação gama:



Quando a radiação citada atravessa o ar entre as placas, o medidor detecta a passagem de uma corrente elétrica. Isso ocorre porque a radiação torna o ar:

a) seco;
b) úmido;
c) isolante;
d) imantado;
e) ionizado.

Resolução:
A radiação tornou o ar condutor, e ar condutor só pode ser **ar ionizado**.

Resposta: e

8 (Unifesp-SP) Num livro de eletricidade você encontra três informações: a primeira afirma que isolantes são corpos que não permitem a passagem da corrente elétrica; a segunda afirma que o ar é isolante; e a terceira afirma que, em média, um raio se constitui de uma descarga elétrica correspondente a uma corrente de 10 000 ampères que atravessa o ar e desloca, da nuvem à Terra, cerca de 20 coulombs. Pode-se concluir que essas três informações são:

a) coerentes, e que o intervalo de tempo médio de uma descarga elétrica é de 0,002 s.
b) coerentes, e que o intervalo de tempo médio de uma descarga elétrica é de 2,0 s.
c) conflitantes, e que o intervalo de tempo médio de uma descarga elétrica é de 0,002 s.
d) conflitantes, e que o intervalo de tempo médio de uma descarga elétrica é de 2,0 s.
e) conflitantes, e que não é possível avaliar o intervalo de tempo médio de uma descarga elétrica.

Resolução:

- Estabelecido que o ar é um isolante elétrico, sem nenhuma ressalva, não poderia ocorrer nele uma descarga elétrica. Portanto, as informações são conflitantes.
- $i = \dfrac{|Q|}{\Delta t} \Rightarrow 10\,000 = \dfrac{20}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 0{,}002\ \text{s}}$

Resposta: c

9 **E.R.** Na representação clássica do átomo de hidrogênio – idealizado por Bohr – tem-se um elétron em órbita circular em torno do núcleo constituído de um próton. Considerando circular e uniforme o movimento do elétron, determine a intensidade média de corrente em um ponto de sua órbita, em função de:
e: módulo da carga do elétron;
v: módulo da velocidade escalar do elétron;
r: raio da órbita do elétron.

Resolução:
Da definição de intensidade média de corrente elétrica, temos:

$$i_m = \frac{|Q|}{\Delta t} \Rightarrow i_m = \frac{e}{T} \quad \text{(I)}$$

em que **e** é o módulo da carga do elétron e **T**, o período do MCU.
Em um movimento uniforme, a velocidade escalar instantânea pode ser dada por:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

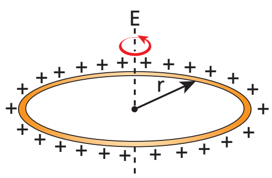
Como $\Delta s = 2\pi r$ (**r** é o raio da órbita) e $\Delta t = T$, temos:

$$v = \frac{2\pi r}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi r}{v} \quad \text{(II)}$$

Substituindo (II) em (I), temos:

$$\boxed{i_m = \frac{e\,v}{2\pi\, r}}$$

10 Um anel de raio **r**, uniformemente eletrizado, com densidade linear de cargas (carga elétrica existente por unidade de comprimento do anel) igual a **λ**, rota em torno do eixo **E** com velocidade angular constante **ω**.



Determine a intensidade da corrente elétrica gerada por esse anel.

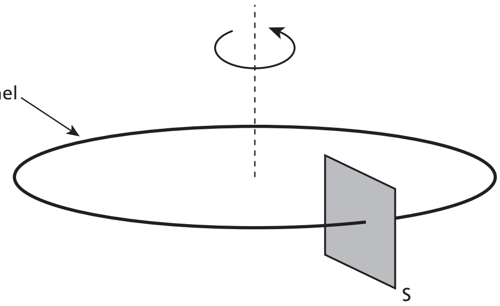
Resolução:
Inicialmente, determinamos a carga total **Q** do anel:

$$\lambda = \frac{Q}{2\pi\, r} \Rightarrow Q = 2\pi r\,\lambda$$

Em uma volta completa do anel, decorre um intervalo de tempo igual ao seu período de rotação **T**, e uma quantidade de carga **Q** passa por uma superfície fixa e imaginária **S**, seccionando transversalmente o anel.

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

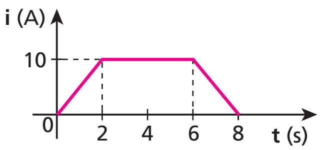


Então:

$$i = \frac{Q}{T} = \frac{2\pi\, r\, \lambda}{\frac{2\pi}{\omega}} \Rightarrow i = \omega\, r\, \lambda$$

Resposta: $\omega\, r\, \lambda$

11 A intensidade da corrente elétrica que passa por um condutor metálico varia com o tempo, de acordo com o diagrama a seguir:



Determine:

a) o módulo da carga elétrica total que passa por uma seção transversal desse condutor, nos 8 segundos;

b) a intensidade média de corrente elétrica nesse intervalo de tempo.

Resolução:

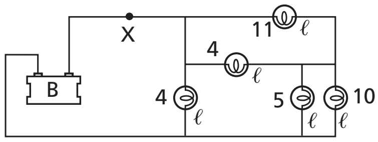
a) $|Q| = \text{“área”} = \frac{(8+4)}{2} \cdot 10 \Rightarrow \boxed{|Q| = 60\ \text{C}}$

b) $i_m = \frac{|Q|}{\Delta t} = \frac{60}{8} \Rightarrow \boxed{i_m = 7{,}5\ \text{A}}$

Respostas: a) 60 C; b) 7,5 A

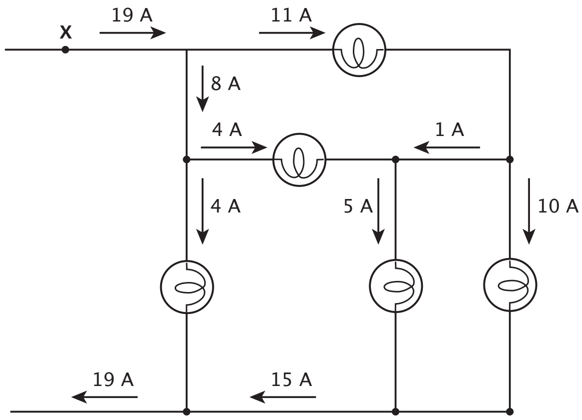
12 (FCC-SP) O circuito mostrado na figura é formado por uma bateria (**B**) e cinco lâmpadas (**ℓ**). O número junto a cada lâmpada indica a corrente que passa pela lâmpada, em ampères:

Qual é a corrente que passa pelo ponto **X**?



Resolução:

Lembrando que, em cada nó, a soma das intensidades das correntes que chegam é igual à soma das intensidades das que saem, temos:



Resposta: 19 A

13 (UFRGS-RS) O rótulo de um chuveiro elétrico indica 4 500 W e 127 V. Isso significa que, ligado a uma rede elétrica de 127 V, o chuveiro consome:

a) 4 500 joules por segundo.

b) 4 500 joules por hora.

c) 571 500 joules por segundo.

d) 4 500 calorias por segundo.

e) 4 500 calorias por hora.

Resposta: a

14 E.R. Por um chuveiro elétrico circula uma corrente de 20 A quando ele é ligado a uma tensão de 220 V.

Determine:

a) a potência elétrica recebida pelo chuveiro;

b) a energia elétrica consumida pelo chuveiro em 15 minutos de funcionamento, expressa em kWh.

c) a elevação da temperatura da água ao passar pelo chuveiro com vazão igual a 50 gramas por segundo, supondo que ela absorva toda a energia dissipada. Use: calor específico da água = 4,0 J/g °C.

Resolução:

a) A potência elétrica recebida é calculada por:

$$Pot = U\, i$$

Assim, substituindo os valores fornecidos, temos:

$$Pot = 220 \cdot 20 \Rightarrow \boxed{Pot = 4400\ \text{W}} \text{ ou } \boxed{Pot = 4{,}4\ \text{kW}}$$

b) A potência é, por definição:

$$Pot = \frac{E}{\Delta t} \Rightarrow E = Pot \cdot \Delta t$$

em que **E** é a energia recebida pelo chuveiro nesse intervalo de tempo Δt. Assim, sendo Pot = 4,4 kW e Δt = 15 min = $\frac{1}{4}$ h, temos:

$$E = 4{,}4\ \text{kW} \cdot \frac{1}{4}\ \text{h} \Rightarrow \boxed{E = 1{,}1\ \text{kWh}}$$

Nota:

- 1 kWh = $3{,}6 \cdot 10^6$ J

Assim, a resposta, no SI, seria:

$$E = 1{,}1 \cdot 3{,}6 \cdot 10^6\ \text{J} \Rightarrow \boxed{E = 3{,}96 \cdot 10^6\ \text{J}}$$

c) Em cada segundo, passa pelo chuveiro uma massa **m** de água: m = 50 g.

A potência do chuveiro é 4400 W, o que equivale a 4400 J/s. Isso significa que, em cada segundo, o chuveiro consome 4400 J de energia elétrica, que é entregue aos 50 g de água, na forma de energia térmica: $Q = 4400$ J.
Usando a equação do calor sensível:

$$Q = m\,c\,\Delta\theta$$

em que $Q = 4400$ J, $m = 50$ g e $c = 4{,}0$ J/g °C, temos:

$$4400\text{ J} = 50\text{ g} \cdot \frac{4{,}0\text{ J}}{\text{g °C}} \cdot \Delta\theta$$

$$\boxed{\Delta\theta = 22\text{ °C}}$$

15 A diferença de potencial **U** entre os terminais de um fio metálico ligado a uma pilha é igual a 1,2 V e a intensidade da corrente que o percorre é 5 A.
Analise, então, as seguintes afirmações:

I. Os portadores de carga elétrica que percorrem o fio são elétrons.
II. A soma dos módulos das cargas dos portadores que passam por uma seção transversal do fio, em cada segundo, é igual a 5 coulombs.
III. O fio recebe 1,2 J de energia de cada coulomb de carga que o percorre de um terminal ao outro.
IV. A potência elétrica consumida pelo fio é igual a 6 W e isso significa que o fio recebe 6 joules de energia por segundo, na forma de energia térmica.

São corretas as seguintes afirmações:

a) Nenhuma.
b) Apenas I, II e IV.
c) Apenas I, III e IV.
d) Apenas II e III.
e) Todas.

Resposta: e

16 Quando ligado a uma tensão de 100 V, um aquecedor elétrico recebe uma potência elétrica de 1800 W. Calcule:

a) a intensidade da corrente elétrica no aquecedor;
b) a energia elétrica recebida pelo aquecedor, em 1 h de funcionamento, em kWh.

Resolução:

a) $Pot = U\,i \Rightarrow 1800 = 100\,i \Rightarrow \boxed{i = 18\text{ A}}$

b) $E = Pot\,\Delta t = 1{,}8\text{ kW} \cdot 1\text{ h} \Rightarrow \boxed{E = 1{,}8\text{ kWh}}$

Respostas: a) 18 A; b) 1,8 kWh

17 Um aquecedor elétrico de imersão, ligado a uma tomada de 110 V, eleva de 20 °C a 100 °C a temperatura de 660 gramas de água, em 4,0 minutos. Supondo que a água aproveite toda a energia térmica produzida e sendo 1,0 cal/g °C o seu calor específico, calcule:

a) a potência do aquecedor (use 1,0 cal = 4,2 J);
b) a corrente elétrica no aquecedor.

Resolução:

a) $Pot = \dfrac{E}{\Delta t} = \dfrac{m\,c\,\Delta\theta}{\Delta t} = \dfrac{600 \cdot 4{,}2 \cdot 80}{4{,}0 \cdot 60} \Rightarrow \boxed{Pot = 924\text{ W}}$

b) $Pot = U\,i \Rightarrow 924 = 110\,i \Rightarrow \boxed{i = 8{,}4\text{ A}}$

Respostas: a) 924 W; b) 8,4 A

18 (UFRN) Um chuveiro elétrico tem potência de 2800 W, e uma lâmpada incandescente tem potência de 40 W. O tempo que a lâmpada deve ficar ligada para consumir a mesma energia gasta pelo chuveiro em dez minutos de funcionamento é:

a) 1 hora e 10 minutos.
b) 700 horas.
c) 70 horas.
d) 11 horas e 40 minutos.

Resolução:
Sendo E_C e E_L as energias consumidas, respectivamente, pelo chuveiro e pela lâmpada, temos:

$E_C = E_L$

$Pot_C\,\Delta t_C = Pot_L\,\Delta t_L$

$2800\text{ W} \cdot 10\text{ min} = 40\text{ W} \cdot \Delta t_L$

$\Delta t_L = 700\text{ min}$

$\boxed{\Delta t_L = 11\text{ horas e }40\text{ minutos}}$

Resposta: d

19 (Vunesp-SP) Um jovem casal instalou em sua casa uma ducha elétrica moderna de 7700 watts/220 volts. No entanto, os jovens verificaram, desiludidos, que toda vez que ligavam a ducha na potência máxima, desarmava-se o disjuntor (o que equivale a queimar o fusível de antigamente) e a fantástica ducha deixava de aquecer. Pretendiam até recolocar no lugar o velho chuveiro de 3300 watts/220 volts, que nunca falhou. Felizmente, um amigo – físico, naturalmente – os socorreu. Substituiu o velho disjuntor por outro, de maneira que a ducha funcionasse normalmente.
A partir desses dados, indique a única alternativa que descreve corretamente a possível troca efetuada pelo amigo.

a) Substituiu o velho disjuntor de 20 ampères por um novo, de 30 ampères.
b) Substituiu o velho disjuntor de 20 ampères por um novo, de 40 ampères.
c) Substituiu o velho disjuntor de 10 ampères por um novo, de 40 ampères.
d) Substituiu o velho disjuntor de 30 ampères por um novo, de 20 ampères.
e) Substituiu o velho disjuntor de 40 ampères por um novo, de 20 ampères.

Resolução:
Com o velho chuveiro (3300 W / 220 V):

$Pot = U\,i \Rightarrow 3300 = 220\,i \Rightarrow \boxed{i = 15\text{ A}}$

Com a moderna ducha (7700 W / 220 V):

$Pot' = U\,i' \Rightarrow 7700 = 220\,i' \Rightarrow \boxed{i' = 35\text{ A}}$

Resposta: b

20 Quando lemos uma matéria sobre usinas hidrelétricas, frequentemente deparamos a unidade kVA. Trata-se de uma unidade de medida de:

a) carga elétrica;
b) corrente elétrica;
c) diferença de potencial;
d) energia;
e) potência.

Resolução:

$\text{kVA} = \underbrace{\text{kV}}_{\text{Unidade de } \mathbf{U}} \cdot \underbrace{\text{A}}_{\text{Unidade de } \mathbf{i}} =$ unidade de potência

Resposta: e

21 Um ebulidor com as especificações 800 W–220 V, corretamente ligado, elevou de 20 °C a 100 °C a temperatura de uma determinada quantidade de água, durante 5,0 minutos.
Sabendo que o calor específico da água é igual a 1,0 cal/g °C e que sua massa específica é igual a 1,0 g/mL, determine o volume da água aquecida.
Suponha que toda energia térmica produzida seja entregue à água e considere 1,0 cal = 4,0 J.

Resolução:

Pot = 800 W

$\Delta t = 5{,}0 \text{ min} = 300 \text{ s}$

$E = \text{Pot}\ \Delta t = 800 \cdot 300 \text{ J}$

$\Delta\theta = 80 \text{ °C}$

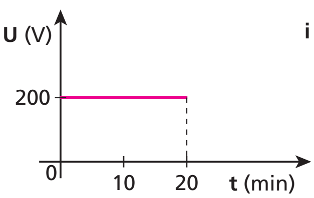
$Q = m\, c\, \Delta\theta$

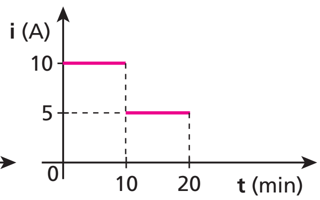
$800 \cdot 300 \text{ J} = m \cdot \frac{4{,}0 \text{ J}}{\text{g °C}} \cdot 80 \text{ °C} \Rightarrow m = 750 \text{ g}$

Então, o volume correspondente é igual a 750 ml.

Resposta: 750 ml

22 Os gráficos a seguir representam a tensão (**U**) e a intensidade de corrente elétrica (**i**) em um aquecedor, em função do tempo (**t**):
Calcule o consumo de energia elétrica, em kWh, nos vinte minutos de funcionamento.





Resolução:

De 0 a 10 min, temos:

$\text{Pot} = U\, i = 200 \cdot 10 \Rightarrow \text{Pot} = 2\,000 \text{ W} = 2 \text{ kW}$

$E_1 = \text{Pot} \cdot \Delta t = 2\text{kW} \cdot \frac{1}{6} \text{ h} \Rightarrow E_1 = \frac{2}{6} \text{ kWh}$

De 10 a 20 min, temos:

$\text{Pot} = U\, i = 200 \cdot 5 \Rightarrow \text{Pot} = 1\,000 \text{ W} = 1 \text{ kW}$

$E_2 = \text{Pot} \cdot \Delta t = 1 \text{ kW} \cdot \frac{1}{6} \text{ h} \Rightarrow E_2 = \frac{1}{6} \text{ kWh}$

De 0 a 20 min, temos, portanto:

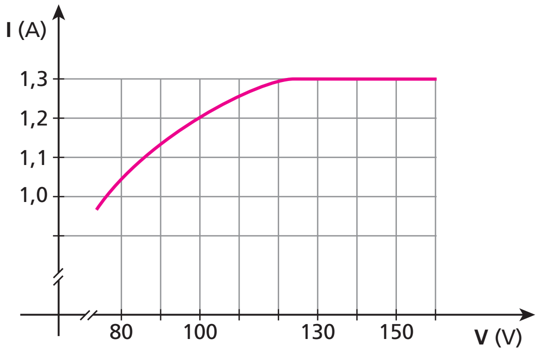
$E = E_1 + E_2 = \frac{2}{6} \text{ kWh} + \frac{1}{6} \text{ kWh}$

$\boxed{E = 0{,}5 \text{ kWh}}$

Resposta: 0,5 kWh

23 (Fuvest-SP) Um certo tipo de lâmpada incandescente comum, de potência nominal 170 W e tensão nominal 130 V, apresenta a relação da corrente (**I**), em função da tensão (**V**), indicada no gráfico a seguir. Suponha que duas lâmpadas (**A** e **B**), desse mesmo tipo, foram utilizadas, cada uma, durante 1 hora, sendo:
A – em uma rede elétrica de 130 V;
B – em uma rede elétrica de 100 V.
Ao final desse tempo, a diferença entre o consumo de energia elétrica das duas lâmpadas, em watt · hora (Wh), foi aproximadamente de:

a) 0 Wh. b) 10 Wh. c) 40 Wh. d) 50 Wh. e) 70 Wh.



Resolução:

A lâmpada **A** operou nos valores nominais (170 W – 130 V):

$E_A = \text{Pot}_A\ \Delta t = 170 \text{ W} \cdot 1 \text{ h} = 170 \text{ Wh}$

Para U = 100 V, temos do gráfico, que a corrente na lâmpada **B** é i = 1,2 A. Então:

$\text{Pot}_B = U\, i = 100 \cdot 1{,}2 \Rightarrow \text{Pot}_B = 120 \text{ W}$

Portanto:

$E_B = \text{Pot}_B\ \Delta t = 120 \text{ W} \cdot 1 \text{ h} = 120 \text{ Wh}$

Assim, a diferença entre os consumos é igual a 50 Wh.

Resposta: d

24 (Fuvest-SP) As lâmpadas fluorescentes iluminam muito mais do que as lâmpadas incandescentes de mesma potência. Nas lâmpadas fluorescentes compactas, a eficiência luminosa, medida em lumens por watt (lm/W), é da ordem de 60 lm/W e, nas lâmpadas incandescentes, da ordem de 15 lm/W. Em uma residência, 10 lâmpadas incandescentes de 100 W são substituídas por fluorescentes compactas que fornecem iluminação equivalente (mesma quantidade de lumens). Admitindo que as lâmpadas ficam acesas, em média, 6 horas por dia e que o preço da energia elétrica é de R$ 0,20 por kWh, a **economia mensal** na conta de energia elétrica dessa residência será de, aproximadamente:

a) R$ 12,00.
b) R$ 20,00.
c) R$ 27,00.
d) R$ 36,00.
e) R$ 144,00.

Resolução:

Cada lâmpada incandescente fornece:

$100 \text{ W} \cdot \frac{15 \text{ lm}}{\text{W}} = 1\,500 \text{ lm}$

Cada lâmpada fluorescente, de **P** watts, também deve fornecer 1500 lm:

$p \cdot \frac{60 \text{ lm}}{\text{W}} = 1\,500 \text{ lm} \Rightarrow P = 25 \text{ W}$

Redução da potência consumida: 10 (100 W – 25 W) = 0,75 kW

Redução do consumo de energia em 30 dias:

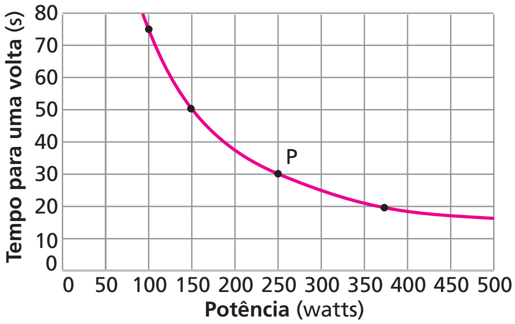
$0{,}75 \text{ kW} \cdot 6 \text{ h} \cdot 30 = 135 \text{ kWh}$

Economia mensal = 135 · R$ 0,20 = R$ 27,00

Resposta: c

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

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



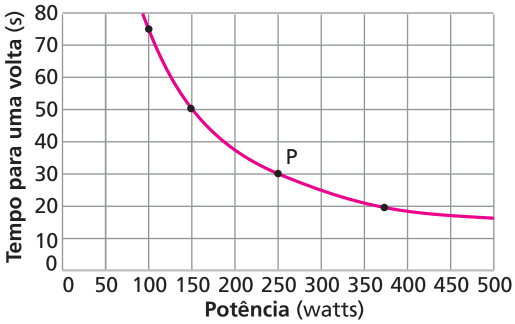
Finalmente, ligando apenas o aparelho cuja potência desejava conhecer, observou que o disco levava aproximadamente 30 s para dar uma volta completa.

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

Resolução:

a) O ponto P indicado no gráfico nos informa que, se o tempo para dar uma volta é de 30 s, a potência é:

$\boxed{\text{Pot} = 250\ \text{W}}$

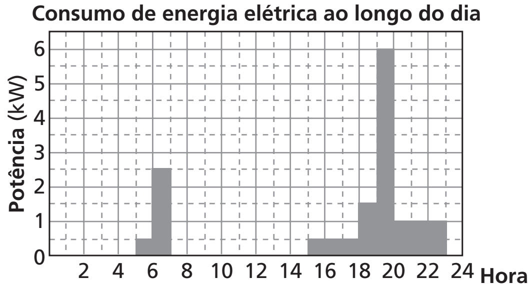


b) Os quatro pontos destacados no gráfico permitem concluir que o produto (Tempo para dar uma volta · Pôtencia) é constante.
Então, essas grandezas são inversamente proporcionais.

Respostas: a) 250 W; b) Inversamente proporcionais

26 (Unicamp-SP) O gráfico abaixo mostra a potência elétrica (em kW) consumida em uma certa residência ao longo do dia. A residência é alimentada com a voltagem de 120 V. Essa residência tem um fusível que se queima se a corrente ultrapassar um certo valor, para evitar danos na instalação elétrica. Por outro lado, esse fusível deve suportar a corrente utilizada na operação normal dos aparelhos da residência.

a) Qual o valor mínimo da corrente que o fusível deve suportar?
b) Qual é a energia em kWh consumida em um dia nessa residência?
c) Qual será o preço a pagar por 30 dias de consumo se o kWh custa R$ 0,12?



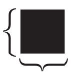
Resolução:

a) $\text{Pot}_{máx} = U\, i_{máx}$

$6\,000 = 120\, i_{máx} \Rightarrow \boxed{i_{máx} = 50\ \text{A}}$

Portanto, o fusível deve suportar 50 A, no mínimo.

b) 0,5 kW



A “área” deste retângulo corresponde a um consumo de energia igual a:

0,5 kW · 1 h = 0,5 kWh

A “área” total do gráfico contém 30 retângulos. Então:

$\boxed{\text{Energia consumida} = 30 \cdot 0{,}5\ \text{kWh} = 15\ \text{kWh}}$

c) Consumo = 30 · 15 kWh = 450 kWh

Preço = 450 · R$ 0,12

$\boxed{\text{Preço} = \text{R\$}\ 54{,}00}$

Respostas: a) 50 A; b) 15 kWh; c) R$ 54,00

27 As unidades C/s, J/C, J/s e V/A receberam as seguintes denominações:

a) watt, volt, ampère e ohm;
b) ampère, volt, watt e ohm;
c) watt, ampère, volt e ohm;
d) ampère, volt, coulomb e ohm;
e) ampère, ohm, watt e coulomb.

Resposta: b

28 As tabelas a seguir fornecem intensidades de corrente elétrica **i** em função de tensões **U** em três condutores **A**, **B** e **C** mantidos em temperatura constante:

i (A)	U (V)
0	0
2	4
5	10
20	40
25	50

(A)

i (A)	U (V)
0	0
5	5
8	16
10	30
12	48

(B)

i (A)	U (V)
0	0
2,5	0,25
4	0,4
20	2
30	3

(C)

a) Que condutor(es) é(são) ôhmico(s)?
b) Calcule a resistência elétrica do(s) condutor(es) ôhmico(s).

Resolução:

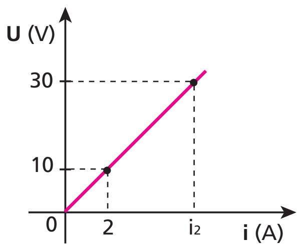
a) $\frac{U}{i}$ é constante nos condutores **A** e **C** (condutores ôhmicos).

b) $R_A = \frac{4}{2} \Rightarrow \boxed{R_A = 2\ \Omega}$

$R_B = \frac{0{,}25}{2{,}5} \Rightarrow \boxed{R_B = 0{,}1\ \Omega}$

Respostas: a) **A** e **C**; b) $R_A = 2\ \Omega$; $R_B = 0{,}1\ \Omega$

29 No diagrama a seguir está representada a curva característica de um resistor mantido em temperatura constante.



Analise as seguintes afirmações:

I. O resistor em questão é ôhmico.
II. A resistência elétrica do resistor é igual a 5 Ω e isso significa que são necessários 5 volts para produzir nele 1 ampère de corrente.
III. A intensidade de corrente i_2 indicada no diagrama é igual a 6 A.
IV. Se esse resistor for percorrido por uma corrente de 2 A durante 20 s, consumirá 400 J de energia.

São corretas as seguintes afirmações:

a) Apenas I, II e III.
b) Apenas I e IV.
c) Apenas I, II e IV.
d) Todas.
e) Apenas I e II.

Resolução:

I. Correto: **U** e **i** são diretamente proporcionais.

II. Correta: $R = \frac{10\ V}{2\ A} = \frac{5\ V}{A} = 5\ \Omega$

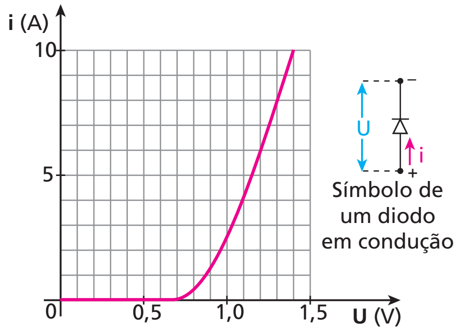
III. Correta: $R = \frac{30}{i_2} = 5 \Rightarrow i_2 = 6\ A$

IV. Correta: $E = Pot\ \Delta t = U\ i\ \Delta t = 10 \cdot 2 \cdot 20 \Rightarrow E = 400\ J$

Resposta: d

30 O diodo semicondutor é um componente eletrônico usado, por exemplo, na conversão de corrente alternada em corrente contínua. A curva característica de um determinado diodo de silício está representada na figura a seguir.

a) A partir de que valor de **U** esse diodo começa a conduzir corrente elétrica?
b) Qual é o valor R_1 de sua resistência quando **U** é igual a 1,2 V, e o valor R_2 quando **U** é igual a 1,4 V?



Resolução:

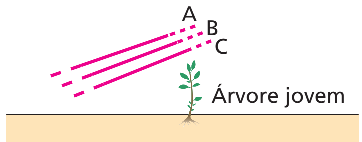
a) $\boxed{U = 0{,}7\ V}$

b) $R_1 = \frac{1{,}2}{6} \Rightarrow \boxed{R_1 = 0{,}2\ \Omega}$

$R_2 = \frac{1{,}4}{10} \Rightarrow \boxed{R_2 = 0{,}14\ \Omega}$

Respostas: a) 0,7 V; b) $R_1 = 0{,}2\ \Omega$; $R_2 = 0{,}14\ \Omega$

31 Tomando como referência o potencial elétrico da Terra (zero volt), os potenciais dos fios nus **A**, **B** e **C** de uma linha de transmissão valem 200 V, –250 V e –300 V, respectivamente. O corpo de uma pessoa situada no alto de uma escada isolante será percorrido por corrente elétrica mais intensa quando tocar .... com uma das mãos e .... com a outra mão.



Indique a alternativa que preenche corretamente as lacunas:

a) a árvore; o fio **C**.
b) o fio **B**; o fio **A**.
c) o fio **B**; o fio **C**.
d) o fio **A**; o fio **C**.
e) o fio **C**; o fio **C**.

Resolução:

Entre os fios **A** e **C**, temos a diferença de potencial de máximo valor absoluto : 500 V.

Resposta: d

32 (UFG-GO) Nos choques elétricos, as correntes que fluem através do corpo humano podem causar danos biológicos que, de acordo com a intensidade da corrente, são classificados segundo a tabela abaixo:

	Corrente elétrica	Dano biológico
I	Até 10 mA	Dor e contração muscular
II	De 10 mA até 20 mA	Aumento das contrações musculares
III	De 20 mA até 100 mA	Parada respiratória
IV	De 100 mA até 3 A	Fribrilação ventricular que pode ser fatal
V	Acima de 3 A	Parada cardíaca, queimaduras graves

Adaptado de: DURAN, J. E. R. *Biofísica: fundamentos e aplicações*. São Paulo: Prentice Hall, 2003. p. 178.

Considerando que a resistência do corpo em situação normal é da ordem de 1 500 Ω, em qual das faixas acima se enquadra uma pessoa sujeita a uma tensão elétrica de 220 V?

a) I b) II c) III d) IV e) V

Resolução:

$i = \frac{U}{R} = \frac{220}{1\,500} \Rightarrow i = 0{,}147\ A = 147\ mA$

Resposta: d

33 E.R. Considere uma lâmpada de incandescência com as seguintes especificações (valores nominais): 100 W–220 V.

a) Calcule a resistência elétrica dessa lâmpada operando corretamente.
b) Ignorando a variação da resistência elétrica com a temperatura, calcule a potência dissipada pela lâmpada se for ligada a uma rede de 110 V.

Resolução:

a) Conhecendo Pot = 100 W e U = 220 V, é mais imediato usar:

$$Pot = \frac{U^2}{R} \Rightarrow R = \frac{U^2}{Pot} = \frac{220 \cdot 220}{100} \Rightarrow \boxed{R = 484\ \Omega}$$

b) Quando a lâmpada está ligada corretamente (U = 220 V), temos:

$$Pot = \frac{U^2}{R} = 100\ W$$

Na nova situação $\left(U' = 110\ V = \frac{U}{2}\right)$, a potência dissipada será:

$$Pot' = \frac{U'^2}{R} = \frac{\left(\frac{U}{2}\right)^2}{R} = \frac{1}{4} \cdot \frac{U^2}{R} = \frac{1}{4} \cdot 100\ W$$

$$\boxed{Pot' = 25\ W}$$

Com a redução da potência dissipada, reduz-se também a potência luminosa irradiada, que é uma **pequena** fração da potência dissipada, já que o rendimento dessa lâmpada é muito baixo. Consequentemente, ela passa a iluminar menos.

Nota:

- Você também pode resolver o item **b** usando Pot = U i. Entretanto, essa expressão é menos adequada que a outra, porque **todas** as grandezas presentes nela são **variáveis**. De fato, sendo **R** constante, **U** e **i** são diretamente proporcionais. Então, se **U** cai à metade, o mesmo acontece com **i**, de modo que a potência passa a ser:

$$Pot' = U' i' = \frac{U}{2} \cdot \frac{i}{2} = \frac{U i}{4} = \frac{Pot}{4}$$

Mais uma vez concluímos que a nova potência é um quarto da potência nominal. Verifique você mesmo que a expressão $Pot = R\ i^2$ também o levaria à mesma conclusão.

34 Um soldador elétrico de baixa potência, de especificações 26 W–127 V, está ligado a uma rede elétrica de 127 V. Calcule:

a) a resistência elétrica desse soldador em funcionamento;
b) a intensidade de corrente nele estabelecida;
c) a energia dissipada em 5,0 minutos de operação, em quilojoules.

Resolução:

a) $Pot = \frac{U^2}{R} \Rightarrow 26 = \frac{127^2}{R} \Rightarrow \boxed{R = 620\ \Omega}$

b) $Pot = U\ i \Rightarrow 26 = 127\ i \Rightarrow \boxed{i = 205\ mA}$

c) $E = Pot\ \Delta t = 26 \cdot 5{,}0 \cdot 60 \Rightarrow E = 7\,800\ J \Rightarrow \boxed{E = 7{,}8\ kJ}$

Respostas: a) 620 Ω; b) 205 mA; c) 7,8 kJ

35 Um resistor usado em circuitos, como os de receptores de rádio e televisores, por exemplo, é especificado pelo valor de sua resistência e pela potência máxima que pode dissipar sem danificar-se. Considerando um resistor de especificações 10 kΩ–1 W, determine a máxima intensidade de corrente que ele pode suportar.

Resolução:

$Pot = R\ i^2 \Rightarrow 1 = 10^4\ i^2 \Rightarrow \boxed{i = 10^{-2}\ A = 10\ mA}$

Resposta: 10 mA

36 Um fio de nicromo, de resistência igual a 3,0 Ω, é submetido a uma diferença de potencial de 6,0 V. Com isso, ele passa a liberar quantas cal/s (calorias por segundo)? Use: 1,0 cal = 4,0 J.

Resolução:

$Pot = \frac{U^2}{R} = \frac{6{,}0^2}{3{,}0} \Rightarrow Pot = 12\ W = 12\ J/s$

Isto equivale a uma dissipação de 3,0 cal/s.

Resposta: 3,0 cal/s

37 Um chuveiro ligado em 220 V opera com potência igual a 5 500 W. A temperatura ambiente é igual a 15 °C e considere o calor específico da água igual a 4,0 J/g °C. Suponha que toda energia dissipada no resistor do chuveiro seja entregue à água.

a) Calcule a resistência elétrica desse chuveiro ligado.
b) Calcule a temperatura da água ao sair do chuveiro quando passam por ele 55 gramas por segundo.
c) Desejando que a água saia do chuveiro a 70 °C, devemos fechar um pouco o registro de modo que passem pelo chuveiro quantos gramas por segundo?

Resolução:

a) $Pot = \frac{U^2}{R} \Rightarrow R = \frac{U^2}{Pot} = \frac{220 \cdot 220}{5\,500}$

$\boxed{R = 8{,}8\ \Omega}$

b) **Em 1 s:** Q = 5 500 J
m = 55 g

$Q = m\ c\ \Delta\theta$

$5\,500\ J = 55\ g \cdot \frac{4\ J}{g\ °C} \cdot (\theta - 15)$

$\boxed{\theta = 40°\ C}$

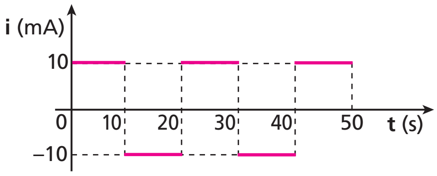
c) **Em 1 s:** Q = 5 500 J
m = ?
Δθ = 55 °C

$Q = m\ c\ \Delta\theta$

$5500\ J = m \cdot \frac{4\ J}{g\ °C} \cdot 55\ °C \Rightarrow \boxed{m = 25\ g}$

Respostas: a) R = 8,8 Ω; b) θ = 40° C; c) m = 25 g

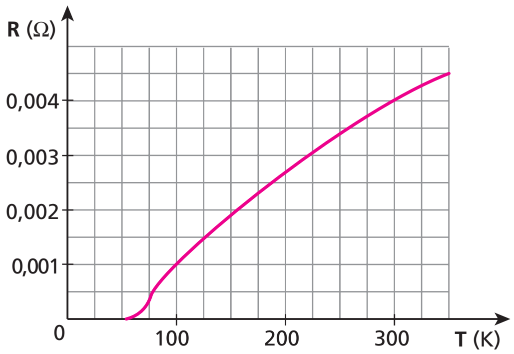
38 A intensidade de corrente elétrica em um resistor ôhmico de resistência elétrica igual a 1 kΩ é dada em função do tempo, conforme o gráfico a seguir:
Determine a energia elétrica dissipada no resistor no intervalo de tempo de 0 a 50 s.



Resolução:
De 0 a 10 s, temos:
$E = \text{Pot}\ \Delta t = R\ i^2\ \Delta t = 10^3\ (10^{-2})^2\ 10$
$E = 1\ J$
De 0 a 50 s, temos:
$E = 5\ J$

Resposta: 5 J

39 (Fuvest-SP) O gráfico representa o comportamento da resistência de um fio condutor em função da temperatura em **K**. O fato de o valor da resistência ficar desprezível abaixo de uma certa temperatura caracteriza o fenômeno da supercondutividade. Pretende-se usar o fio na construção de uma linha de transmissão de energia elétrica em corrente contínua. À temperatura ambiente de 300 K, a linha seria percorrida por uma corrente de 1 000 A, com uma certa perda de energia na linha.

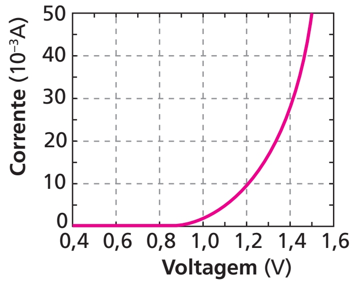


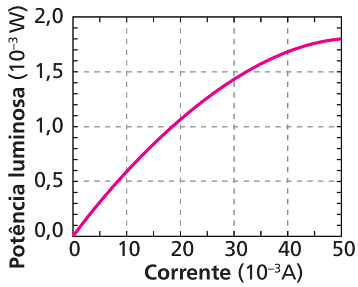
Qual seria o valor da corrente na linha, com a mesma perda de energia, se a temperatura do fio fosse baixada para 100 K?

Resolução:
Sendo **R** a resistência elétrica da linha e **i** a intensidade da corrente que passa por ela, a potência dissipada na linha é dada por:
$\text{Pot} = R\ i^2$
- A 300 K, $R = 0{,}004\ \Omega$ e $i = 1\,000\ A \Rightarrow \text{Pot} = 4\,000\ W$
- A 100 K, $R = 0{,}001\ \Omega$ e $\text{Pot} = 4\,000\ W$ (mesma "perda"):
$4\,000 = 0{,}001\ i^2 \Rightarrow i = 2\,000\ A$

Resposta: 2 000 A

40 (Unicamp-SP) Um LED (do inglês *Light Emitting Diode*) é um dispositivo semicondutor para emitir luz. Sua potência depende da corrente elétrica que passa através desse dispositivo, controlada pela voltagem aplicada. Os gráficos a seguir apresentam as características operacionais de um LED com comprimento de onda na região do infravermelho, usado em controles remotos.





a) Qual é a potência elétrica do diodo, quando uma tensão de 1,2 V é aplicada?
b) Qual é a potência de saída (potência elétrica transformada em luz) para essa voltagem? Qual é a eficiência do dispositivo?
c) Qual é a eficiência do dispositivo sob uma tensão de 1,5 V?

Resolução:
A partir da leitura dos gráficos, temos:
a) $U = 1{,}2\ V \Rightarrow i = 10 \cdot 10^{-3}\ A$
$\text{Pot} = U\ i \Rightarrow \text{Pot} = 12 \cdot 10^{-3}\ W = 12\ mW$

b) $i = 10 \cdot 10^{-3}\ A \Rightarrow \text{Pot}_{lum} = 0{,}6 \cdot 10^{-3}\ W = 0{,}6\ mW$
$\text{Eficiência} = \frac{\text{Pot}_{lum}}{\text{Pot}} = \frac{0{,}6}{12} = 0{,}05 \Rightarrow \text{Eficiência} = 5\%$

c) $U = 1{,}5\ V \Rightarrow i = 50 \cdot 10^{-3}\ A$
$\text{Pot} = U\ i \Rightarrow \text{Pot} = 75\ mW$
$\text{Pot}_{lum} = 1{,}8\ mW$
$\text{Eficiência} = \frac{1{,}8}{75} = 0{,}024 \Rightarrow \text{Eficiência} = 2{,}4\%$

Respostas: a) 12 mW; b) 0,6 mW; 5%; c) 2,4 %

41 (Unifesp-SP) Um resistor para chuveiro elétrico apresenta as seguintes especificações:
Tensão elétrica: 220 V.
Resistência elétrica (posição I): 20,0 Ω.
Resistência elétrica (posição II): 11,0 Ω.
Potência máxima (posição II): 4 400 W
Uma pessoa gasta 20 minutos para tomar seu banho, com o chuveiro na posição II, e com a água saindo do chuveiro à temperatura de 40 °C.
Considere que a água chega ao chuveiro à temperatura de 25 °C e que toda a energia dissipada pelo resistor seja transferida para a água. Para o mesmo tempo de banho e a mesma variação de temperatura da água, determine a economia que essa pessoa faria, se utilizasse o chuveiro na posição I:
a) no consumo de energia elétrica, em kWh, em um mês (30 dias);
b) no consumo de água por banho, em litros, considerando que na posição I gastaria 48 litros de água.

Dados: calor específico da água: 4000 J/kg °C;
densidade da água: 1 kg/L.

Resolução:

a) $Pot_{II} = 4\,400\ W = 4,4\ kW$

$Pot_I = \dfrac{U^2}{R_I} = \dfrac{220^2}{20,0} \Rightarrow Pot_I = 2\,420\ W = 2,42\ kW$

$E_{II} = Pot_{II}\ \Delta t$

$E_I = Pot_I\ \Delta t$

$\Delta t = 20\ min = \dfrac{1}{3}\ h$

Economia num banho $= E_{II} - E_I = (Pot_{II} - Pot_I)\ \Delta t = 0,66\ kWh$

$\boxed{\text{Economia mensal} = 30 \cdot 0,66\ kWh = 19,8\ kWh}$

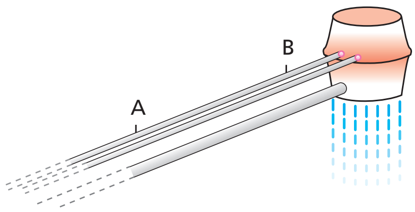
b)
$$\left.\begin{array}{l} Pot_{II} = \dfrac{m_{II}\ c\ \Delta\theta}{\Delta t} \\ Pot_I = \dfrac{m_I\ c\ \Delta\theta}{\Delta t} \end{array}\right\} \overset{(\div)}{\Rightarrow} \dfrac{Pot_{II}}{Pot_I} = \dfrac{m_{II}}{m_I} = \dfrac{V_{II}}{V_I} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{4,4}{2,42} = \frac{V_{II}}{48\ell} \Rightarrow V_{II} \simeq 87,3\ L$$

$\boxed{\text{Economia} = V_{II} - V_I = 39,3\ L}$

Respostas: a) 19,8 kWh; b) 39,3 L

42 **E.R.** Um chuveiro é alimentado por dois fios de cobre de seção transversal de área igual a $4,0\ mm^2$. Suponha que o chuveiro esteja ligado, de modo que a corrente elétrica nesses fios seja de 20 A.



Sabendo que os fios de cobre estão praticamente na temperatura ambiente e que, nessa temperatura, a resistividade do cobre é igual a $1,7 \cdot 10^{-2}\ \dfrac{\Omega\ mm^2}{m}$, determine:

a) a resistência elétrica de um trecho AB de um desses fios, de 80 cm de comprimento;

b) a diferença de potencial entre os extremos **A** e **B** do trecho a que se refere o item anterior.

Resolução:

a) Para o trecho AB, temos:

$\rho = 1,7 \cdot 10^{-2}\ \dfrac{\Omega\ mm^2}{m}$

$\ell = 80\ cm = 0,80\ m$

$A = 4,0\ mm^2$

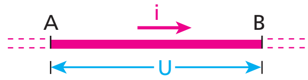
Então, usando a **Segunda Lei de Ohm**, calculamos sua resistência:

$$R = \frac{\rho\ \ell}{A} = \frac{1,7 \cdot 10^{-2}\ \dfrac{\Omega\ mm^2}{m} \cdot 0,80\ m}{4,0\ mm^2} \Rightarrow$$

$$\boxed{R = 3,4 \cdot 10^{-3}\ \Omega}$$

Observe que essa resistência é extremamente pequena (3,4 milésimos de ohm). Isso explica por que os fios de ligação em uma instalação elétrica residencial podem ser considerados aproximadamente condutores ideais.

b)



Sendo $i = 20\ A$ e $R = 3,4 \cdot 10^{-3}\ \Omega$, temos, pela **Primeira Lei de Ohm**:

$$U = R\ i = 3,4 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \Rightarrow \boxed{U = 68 \cdot 10^{-3}\ V}$$

Nota:

- A ddp obtida é muito pequena (68 milésimos de volt), razão pela qual normalmente é desprezada. Observe, porém, que, embora essa ddp seja muito pequena, ela consegue manter no trecho do fio uma corrente elevada, de 20 A, porque a resistência desse trecho também é muito pequena.

  Veja:

$$i = \frac{U_{(\text{desprezível})}}{R_{(\text{desprezível})}} = \frac{68 \cdot 10^{-3}}{3,4 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow i = 20\ A$$

  Entretanto, essa ddp é totalmente inofensiva para uma pessoa, pois a resistência, principalmente da pele, é muitíssimo mais alta.

43 A área **A** de um círculo de raio **r** é dada por: $A = \pi\ r^2$. Calcule, então, quantos metros deve ter um fio de cobre com 2,0 mm de diâmetro, para que sua resistência elétrica seja igual a 1,0 Ω. Considere a resistividade do cobre igual a $1,7 \cdot 10^{-8}\ \Omega\ m$. Use $\pi = 3,1$.

Resolução:

$A = \pi\ r^2 = 3,1\ (1 \cdot 10^{-3})^2 \Rightarrow A = 3,1 \cdot 10^{-6}\ m^2$

$$\ell = \frac{R\ A}{e} = \frac{1,0 \cdot 3,1 \cdot 10^{-6}}{1,7 \cdot 10^{-8}} \Rightarrow \boxed{\ell \simeq 182\ m}$$

Resposta: 182 m

44 O resistor de determinado chuveiro é um fio de nicromo, de 2 m de comprimento e 11 Ω de resistência, enrolado em forma de hélice cilíndrica.

a) Faça uma estimativa do comprimento que deveria ter um fio de cobre, de mesma área de seção transversal, para se obter um resistor também de 11 Ω. Para isso, considere:

$\rho_{nicromo} = 1 \cdot 10^{-6}\ \Omega\ m$

$\rho_{cobre} = 2 \cdot 10^{-8}\ \Omega\ m$

b) Seria viável usar o cobre na confecção do resistor desse chuveiro? Ignore problemas relacionados com a oxidação.

Resolução:

a) $R_{cobre} = R_{nicromo}$

$$\frac{\rho_{cobre}\ \ell_{cobre}}{A} = \frac{\rho_{nicromo}\ \ell_{nicromo}}{A} \Rightarrow 2 \cdot 10^{-8} \cdot \ell_{cobre} = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 2$$

$$\boxed{\ell_{cobre} = 100\ m}$$

b) Não. As dimensões de um chuveiro não comportariam um enrolamento de 100 m de fio.

Respostas: a) 100 m; b) Não.

45 Qual é a resistência elétrica de uma barra de alumínio de 1 m × 2 cm × 7 cm? Considere que a corrente elétrica passa ao longo do comprimento da barra e que a resistividade do alumínio vale $2{,}8 \cdot 10^{-8}\ \Omega\ \text{m}$.

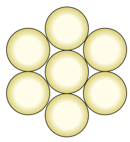
Resolução:

$A = 14\ \text{cm}^2 = 1{,}4 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^2$

$$R = \frac{\rho \ell}{A} = \frac{2{,}8 \cdot 10^{-8} \cdot 1}{1{,}4 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \boxed{R = 2 \cdot 10^{-5}\ \Omega}$$

Resposta: $2 \cdot 10^{-5}\ \Omega$

46 (Mack-SP) Para a transmissão de energia elétrica, constrói-se um cabo composto por 7 fios de uma liga de cobre de área de seção transversal 10 mm² cada um, como mostra a figura.



A resistência elétrica desse cabo, a cada quilômetro, é:

Dado: resistividade da liga de cobre = $2{,}1 \cdot 10^{-2}\ \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

a) 2,1 Ω b) 1,8 Ω c) 1,2 Ω d) 0,6 Ω e) 0,3 Ω

Resolução:

$$R = \frac{\rho \ell}{A_{total}} = \frac{2{,}1 \cdot 10^{-2} \cdot \dfrac{\Omega\ \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 10^3 \text{m}}{70\ \text{mm}^2} \Rightarrow \boxed{R = 0{,}3\ \Omega}$$

Resposta: e

47 E.R. Desprezando influências da temperatura na resistividade e no calor específico, justifique as seguintes afirmações a respeito de um mesmo chuveiro submetido a uma diferença de potencial **U** constante.

a) Sem fazer qualquer alteração no sistema elétrico do chuveiro, a redução da vazão faz com que a elevação $\Delta\theta$ da temperatura da água seja maior.

b) Para uma mesma vazão, a elevação $\Delta\theta$ da temperatura da água torna-se maior se for cortado um pedaço do resistor do chuveiro (operação, em geral, desaconselhável).

Resolução:

a) Como **U** e **R** (resistência elétrica do chuveiro) são constantes, a expressão $\text{Pot} = \frac{U^2}{R}$ nos faz concluir que a potência do chuveiro também é constante. Isso significa que, em cada segundo, é constante a quantidade de energia térmica **Q** entregue à massa de água **m** que passa pelo chuveiro.

Como $Q = m\, c\, \Delta\theta$:

$$\Delta\theta = \frac{Q}{mc}$$

Sendo **Q** e **c** constantes, quanto menor for **m**, maior será $\Delta\theta$. Então, quanto menor a vazão, maior a elevação da temperatura da água.

b) Pela **Segunda Lei de Ohm**:

$$R = \frac{\rho\, \ell}{A}$$

Cortando um pedaço do resistor, seu comprimento **ℓ** diminui e, com isso, diminui sua resistência **R**, pois **ρ** e **A** são constantes. Como $\text{Pot} = \frac{U^2}{R}$ e **U** é constante, a redução de **R** implica um aumento da potência do chuveiro. Assim, para uma vazão constante, uma mesma massa **m** de água recebe, por segundo, maior quantidade de energia térmica **Q**. Sendo $Q = m\, c\, \Delta\theta$:

$$\Delta\theta = \frac{Q}{mc}$$

Como **m** e **c** são constantes, um aumento de **Q** implica maior elevação de temperatura $\Delta\theta$.

48 (PUC-SP) Uma estudante, descontente com o desempenho de seu secador de cabelos, resolve aumentar a potência elétrica do aparelho. Sabendo que o secador tem potência elétrica nominal 1 200 W e opera em 220 V, a estudante deve:

a) ligar o secador numa tomada de 110 V.

b) aumentar o comprimento do fio metálico que constitui o resistor do secador.

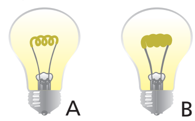
c) diminuir o comprimento do fio metálico que constitui o resistor do secador.

d) diminuir a espessura do fio metálico que constitui o resistor do secador.

e) trocar o material do fio metálico que constitui o resistor do secador por outro de maior resistividade.

Resposta: c

49 (PUC-RJ) Considere duas lâmpadas, **A** e **B**, idênticas a não ser pelo fato de que o filamento de **B** é mais grosso que o filamento de **A**. Se cada uma estiver sujeita a uma ddp de 110 volts:



a) **A** será a mais brilhante, pois tem a maior resistência.

b) **B** será a mais brilhante, pois tem a maior resistência.

c) **A** será a mais brilhante, pois tem a menor resistência.

d) **B** será a mais brilhante, pois tem a menor resistência.

e) ambas terão o mesmo brilho.

Resolução:

$$R = \frac{\rho \ell}{A} : A_B > A_A \Rightarrow R_B < R_A$$

$$\text{Pot} = \frac{U^2}{R} : R_B < R_A \Rightarrow \boxed{\text{Pot}_B > \text{Pot}_A}$$

Resposta: d

50 Uma lâmpada de incandescência, de 60 W/220 V, apagada há muito tempo, é ligada de acordo com suas especificações. Pode-se afirmar que:

a) em funcionamento normal, 60 J de energia elétrica são transformados em 60 J de energia luminosa, por segundo;

b) em funcionamento normal, a resistência da lâmpada é inferior a 200 Ω;

c) nos instantes iniciais de funcionamento, a corrente elétrica na lâmpada é mais intensa do que nos instantes seguintes;

d) no interior do bulbo da lâmpada, existe oxigênio rarefeito;

e) em funcionamento normal, a corrente na lâmpada é de aproximadamente 3,7 A.

Resolução:

a) Apenas uma pequena parte dos 60 J é transformada em energia luminosa, em cada segundo.

b) $\text{Pot} = \frac{U^2}{R} \Rightarrow 60 = \frac{220^2}{R} \Rightarrow R \simeq 807\ \Omega$

c) Isso é correto, porque a resistência elétrica do filamento é mais baixa quando ele ainda está frio.

d) O oxigênio causaria a combustão do filamento.

e) $\text{Pot} = U\, i \Rightarrow 60 = 220\, i \Rightarrow i \simeq 0{,}27\text{A}$

Resposta: c

51 Em uma lâmpada de incandescência, especificada por 220 V–100 W, o filamento de tungstênio tem comprimento igual a 20 cm. Em funcionamento normal, a temperatura do filamento é de cerca de 2 500 °C (evidentemente menor que a temperatura de fusão do tungstênio, que é superior a 3 000 °C). Qual a área da seção transversal do filamento, sendo de $6{,}2 \cdot 10^{-1}\ \frac{\Omega\ mm^2}{m}$ sua resistividade elétrica nessa temperatura?

Resolução:

$$Pot = \frac{U^2}{R} \Rightarrow R = \frac{U^2}{Pot} = \frac{220 \cdot 220}{100} \Rightarrow R = 484\ \Omega$$

$$R = \frac{\rho \ell}{A} \Rightarrow A = \frac{\rho \ell}{R} = \frac{6{,}2 \cdot 10^{-1} = \frac{\Omega\ mm^2}{m} \cdot 2 \cdot 10^{-1}\ m}{484\ \Omega}$$

$$\boxed{A = 2{,}6 \cdot 10^{-4}\ mm^2}$$

Resposta: $2{,}6 \cdot 10^{-4}\ mm^2$

52 Um fio de resistência elétrica **R** tem comprimento ℓ e área de seção transversal **A**. Estica-se esse fio até que seu comprimento dobre. Qual será a nova resistência desse fio, supondo que não tenha havido alteração de sua resistividade nem de sua densidade?

Resolução:

Temos: $R = \frac{\rho \ell}{A}$

Dobrando-se o comprimento do fio, a área de sua seção transversal reduz-se à metade, já que seu volume não se altera. Assim, a nova resistência R' do fio será:

$$R' = \frac{\rho \cdot 2\ell}{\frac{A}{2}} = 4\ \frac{\rho \ell}{A} \Rightarrow \boxed{R' = 4\,R}$$

Resposta: 4 R

53 (ITA-SP) Com um certo material de resistividade elétrica **ρ** foi construída uma resistência na forma de um bastão de 5,0 cm de comprimento e seção transversal quadrada de 5,0 mm de lado. A resistência assim construída, ligada a uma tensão de 120 V, foi usada para aquecer água. Em operação, verificou-se que o calor fornecido pela resistência ao líquido em 10 s foi de $1{,}7 \cdot 10^3$ cal. Use: 1 cal = 4,2 J.

a) Calcule o valor da resistividade **ρ**.

b) Quantos segundos seriam necessários para aquecer 1 litro de água da temperatura de 20 °C até 37 °C?

Observação: Considere a resistividade do material e o calor específico da água constantes naquele intervalo de temperatura.

Resolução:

a) $Pot = \frac{E}{\Delta t} = \frac{1{,}7 \cdot 10^3 \cdot 4{,}2}{10} \Rightarrow Pot = 7{,}1 \cdot 10^2\ W$

$Pot = \frac{U^2}{R} \Rightarrow R = \frac{U^2}{Pot} = \frac{120^2}{7{,}1 \cdot 10^2}$

$R = 20\ \Omega$

$R = \frac{\rho \ell}{A} \Rightarrow \rho = \frac{R\,A}{\ell} = \frac{20\,(5{,}0 \cdot 10^{-3})^2}{5{,}0 \cdot 10^{-2}}$

$\rho = 1{,}0 \cdot 10^{-2}\ \Omega m$

b) $Q = m\,c\,\Delta\theta = 1000 \cdot 1 \cdot 17$

$Q = 17\,000\ cal = 7{,}1 \cdot 10^4\ J$

$Pot = \frac{E}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{E}{Pot} = \frac{7{,}1 \cdot 10^4}{7{,}1 \cdot 10^2}$

$\Delta t = 1{,}0 \cdot 10^2\ s$

Respostas: a) $1{,}0 \cdot 10^{-2}\ \Omega m$; b) $1{,}0 \cdot 10^2\ s$

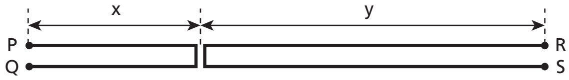
54 (UFMG) A figura mostra um cabo telefônico. Formado por dois fios, esse cabo tem comprimento de 5,00 km.

Constatou-se que, em algum ponto ao longo do comprimento desse cabo, os fios fizeram contato elétrico entre si, ocasionando um curto-circuito. Para descobrir o ponto que causa o curto-circuito, um técnico mede as resistências entre as extremidades **P** e **Q**, encontrando 20,0 Ω, e entre as extremidades **R** e **S**, encontrando 80,0 Ω.

Com base nesses dados, é correto afirmar que a distância das extremidades PQ até o ponto que causa o curto-circuito é de:

a) 1,25 km. b) 4,00 km. c) 1,00 km. d) 3,75 km.

Resolução:



Como a resistência é proporcional ao comprimento, podemos escrever:

$$\frac{R_{PQ}}{R_{RS}} = \frac{2x}{2y} \Rightarrow \frac{20{,}0}{80{,}0} = \frac{x}{y} \Rightarrow y = 4{,}00x$$

$y + x = 5{,}00\ km \Rightarrow 5{,}00x = 5{,}00$

$x = 1{,}00\ km$

Resposta: c

55 (Mack-SP) Um cabo de cobre, utilizado para transporte de energia elétrica, tem a cada quilômetro de comprimento resistência elétrica de 0,34 Ω.

Dados do cobre: densidade = 9 000 kg/m³;

resistividade = $1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega m$.

A massa de um metro desse cabo é igual a:

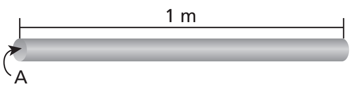
a) 250 g. b) 450 g. c) 500 g. d) 520 g. e) 540 g.

Resolução:

$\ell = 1\ km = 1\,000\ m \Rightarrow R = 0{,}34\ \Omega$

$R = \frac{\rho \ell}{A} \Rightarrow A = \frac{\rho \ell}{R} = \frac{1{,}7 \cdot 10^{-8} \cdot 1\,000}{0{,}34}$

$A = 5 \cdot 10^{-5}\ m^2$



$\Rightarrow$ Volume $= 5 \cdot 10^{-5}\ m^3$

$densidade = \frac{massa}{volume} \Rightarrow 9000 = \frac{massa}{5 \cdot 10^{-5}}$

$massa = 4{,}5 \cdot 10^{-1}\ kg = 450\ g$

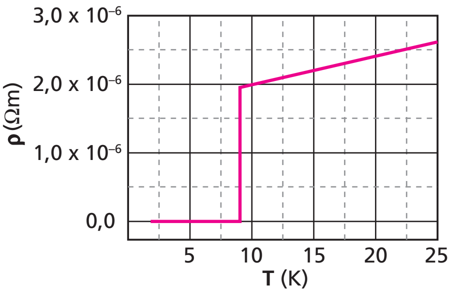
Resposta: b

56 Uma lâmpada de incandescência (100 W–110 V) foi submetida a uma ddp de 12 V e foi medida a intensidade da corrente nela estabelecida. Com isso, calculou-se sua resistência elétrica, obtendo-se um valor R_1, em ohms. Em seguida, essa mesma lâmpada foi ligada em 110 V e novamente mediu-se a corrente estabelecida. Calculou-se, então, sua resistência, obtendo-se um valor R_2, também em ohms.

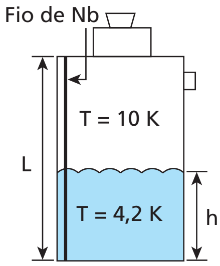
Embora as medições e os cálculos tenham sido feitos corretamente, verificou-se que R_2 é significativamente maior que R_1. Justifique.

Resposta: Quando ligada em 110 V, a temperatura do filamento é bem mais alta. Então, a resistividade do tungstênio também é bem maior, o mesmo ocorrendo com a resistência elétrica do filamento.

57 (Unicamp-SP) O gráfico a seguir mostra a resistividade elétrica de um fio de nióbio (Nb) em função da temperatura. No gráfico, pode-se observar que a resistividade apresenta uma queda brusca em T = 9,0 K, tonando-se nula abaixo dessa temperatura. Esse comportamento é característico de um material supercondutor.



Um fio de Nb de comprimento total L = 1,5 m e seção transversal de área A = 0,050 mm² é esticado verticalmente do topo até o fundo de um tanque de hélio líquido, a fim de ser usado como medidor de nível, conforme ilustrado na figura ao lado. Sabendo-se que o hélio líquido se encontra a 4,2 K e que a temperatura da parte não imersa do fio fica em torno de 10 K, pode-se determinar a altura **h** do nível de hélio líquido através da medida da resistência do fio.



a) Calcule a resistência do fio quando toda a sua extensão está a 10 K, isto é, quando o tanque está vazio.
b) Qual é a altura **h** do nível de hélio líquido no interior do tanque em uma situação em que a resistência do fio de Nb vale 36 Ω?

Resolução:

$L = 1{,}5\ m; \quad A = 0{,}050 \cdot 10^{-6}\ m^2$

a) Do gráfico: $T = 10\ K \Rightarrow \rho = 2{,}0 \cdot 10^{-6}\ \Omega\ m$

Então:

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

b) Como a resistência da parte do fio imersa em hélio é nula, temos:

$$R' = \frac{\rho(L-h)}{A} \Rightarrow 36 = \frac{2{,}0 \cdot 10^{-6}(1{,}5-h)}{0{,}050 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow \boxed{h = 0{,}60\ m}$$

Respostas: a) 60 Ω; b) 0,60 m

58 (UFV-MG) A base de uma nuvem de tempestade, eletricamente carregada, situa-se a 500 m do solo. O ar se mantém isolante até que o campo elétrico entre a nuvem e o solo atinja o valor de $5{,}00 \cdot 10^6$ N/C. Num dado momento, a nuvem descarrega-se por meio de um raio, que dura 0,10 s e libera a energia de $5{,}00 \cdot 10^{11}$ J. Calcule:
a) a diferença de potencial entre a base da nuvem e o solo;
b) a corrente elétrica média durante a descarga;
c) a quantidade de carga transportada pelo raio.

Resolução:

a) $E\,d = U \Rightarrow 5{,}00 \cdot 10^6 \cdot 500 = U$

$U = 2{,}5 \cdot 10^9\ V$

b) $$Pot_m = \frac{Energia}{\Delta t} = \frac{5{,}00 \cdot 10^{11}}{0{,}10}$$

$Pot_m = 5{,}00 \cdot 10^{12}\ W$

$Pot_m = U\,i_m \Rightarrow 5{,}00 \cdot 10^{12} = 2{,}5 \cdot 10^9\ i_m$

$i_m = 2{,}0 \cdot 10^3\ A$

c) $$i_m = \frac{|Q|}{\Delta t} \Rightarrow |Q| = i_m\,\Delta t = 2{,}0 \cdot 10^3 \cdot 0{,}10$$

$|Q| = 2{,}0 \cdot 10^2\ C$

Respostas: a) $2{,}5 \cdot 10^9$ V; b) $2{,}0 \cdot 10^3$ A; c) $2{,}0 \cdot 10^2$ C

59 (Ufal) Um fio de fusível tem massa de 10,0 g e calor latente de fusão igual a $2{,}5 \cdot 10^4$ J/kg. Numa sobrecarga, o fusível fica submetido a uma diferença de potencial de 5,0 volts e a uma corrente elétrica de 20 ampères durante um intervalo de tempo Δt. Supondo que toda a energia elétrica fornecida na sobrecarga fosse utilizada na fusão total do fio, o intervalo de tempo Δt, em segundos, seria:
a) $2{,}5 \cdot 10^{-2}$.
b) $1{,}5 \cdot 10^{-1}$.
c) 2,5.
d) 3,0.
e) $4{,}0 \cdot 10$.

Resolução:

$m = 10{,}0\ g = 10{,}0 \cdot 10^{-3}\ kg$

$L_f = 2{,}5 \cdot 10^4\ J/kg$

$Q = m\,L_f = 10{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}5 \cdot 10^4$

$Q = 2{,}5 \cdot 10^2\ J$

$Pot = U\,i = 5{,}0 \cdot 20 \Rightarrow Pot = 100\ W$

$$Pot = \frac{E}{\Delta t} = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow 100 = \frac{2{,}5 \cdot 10^2}{\Delta t}$$

$\boxed{\Delta t = 2{,}5\ s}$

Resposta: c

60 (Mack-SP) Uma lâmpada de incandescência, cujos dados nominais são 60 W–110 V, é acesa e imersa em um calorímetro contendo 400 g de água. A capacidade térmica do calorímetro é de 420 J °C⁻¹ e o calor específico da água é de 4200 J kg⁻¹ °C⁻¹. Em 5 minutos, a temperatura da água aumenta 8 °C. Qual a quantidade de energia irradiada do calorímetro para o ambiente?

Resolução:

Calculando a energia dissipada (**E**) na lâmpada, em 5 minutos (300 s), temos:

$E = Pot\,\Delta t = 60 \cdot 300 \Rightarrow E = 18\,000\ J$

Calculando, agora, a energia absorvida (**Q**) pelo calorímetro e pela água, em 5 minutos, temos:

$Q_{água} = m_{água}\,c_{água}\,\Delta\theta = 400 \cdot 4{,}2 \cdot 8$

$Q_{água} = 13\,440\ J$

$Q_{calorímetro} = C_{cal}\,\Delta\theta = 420 \cdot 8$

$Q_{calorímetro} = 3\,360\ J$

Portanto:

$Q = Q_{água} + Q_{calorímetro} = 16\,800\ J$

A energia irradiada para o ambiente (E_i) é dada por:

$E_i = E - Q = 18\,000 - 16\,800 \Rightarrow \boxed{E_i = 1\,200\ J}$

Resposta: 1 200 J

61 Um sistema gerador de energia elétrica lança 20 kW nos terminais de uma linha de transmissão, sob diferença de potencial de 200 V. Calcule a queda de tensão na linha de transmissão, sendo 0,50 Ω sua resistência total.

Resolução:

$Pot = U\,i \Rightarrow 20\,000 = 200\,i \Rightarrow i = 100\ A$

$U' = R\,i \Rightarrow U' = 0{,}50 \cdot 100 \Rightarrow \boxed{U' = 50\ V}$

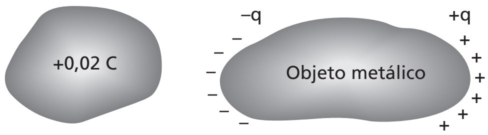
Resposta: 50 V

62 (ITA-SP) Um objeto metálico é colocado próximo a uma carga de +0,02 C e aterrado com um fio de resistência igual a 8 Ω. Suponha que a corrente que passa pelo fio seja constante por um tempo de 0,1 ms até o sistema entrar em equilíbrio e que a energia dissipada no processo seja de 2 J. Conclui-se que, no equilíbrio, a carga no objeto metálico é:

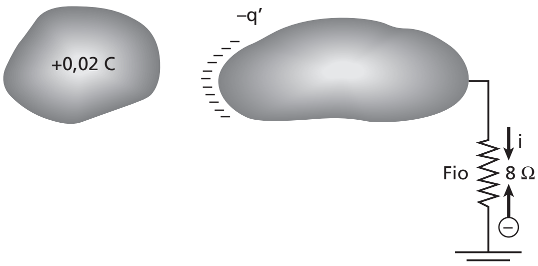
a) –0,02 C.
b) –0,01 C.
c) –0,005 C.
d) 0 C.
e) +0,02 C.

Resolução:

Em virtude da indução eletrostática, temos:



• O objeto metálico se eletriza com uma carga –q' recebida da Terra:



Essa carga –q' passou pelo fio no intervalo de tempo $\Delta t = 0{,}1 \cdot 10^{-3}$ s.

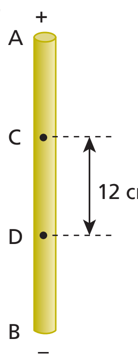
$E = Pot\,\Delta t \Rightarrow E = R\,i^2\,\Delta t$

$2 = 8 \cdot i^2 \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-3} \Rightarrow i = 50\ A$

$i = \frac{q'}{\Delta t} \Rightarrow 50 = \frac{q'}{10^{-4}} \Rightarrow \boxed{-q' = -0{,}005\ C}$

Resposta: c

63 As extremidades **A** e **B** de um fio condutor cilíndrico e homogêneo, de 30 cm de comprimento, são ligadas a uma bateria, submetendo-se a uma ddp igual a 6 V.



Calcule:

a) a intensidade do campo elétrico no interior desse fio;
b) a ddp $\nu_D - \nu_C$ entre os pontos **D** e **C**.

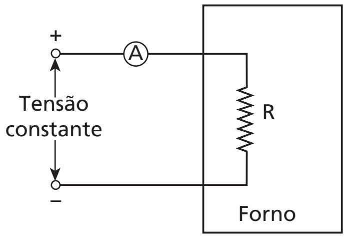
Resolução:

a) O campo elétrico no interior desse fio é uniforme:
$E\,\overline{AB} = U_{AB} \Rightarrow E\,0{,}30 = 6 \Rightarrow E = 20\ V/m$

b) $E\,\overline{CD} = U_{CD} \Rightarrow 20 \cdot 0{,}12 = U_{CD}$
$U_{CD} = 2{,}4\ V$
Porém ν_D é menor que ν_C e, portanto:
$\nu_D - \nu_C = -2{,}4\ V$

Respostas: a) 20 V/m; b) –2,4 V

64 (Mack-SP) A temperatura de um forno é calculada através da corrente elétrica indicada pelo amperímetro, como mostra a figura. O resistor **R** é feito de material cuja resistividade tem coeficiente de temperatura igual a $5 \cdot 10^{-3}\ °C^{-1}$. Estando o forno a 20 °C, o amperímetro indica 2,0 A. Quando o amperímetro indicar 1,6 A, qual será a temperatura do forno?



Resolução:

Temos que:

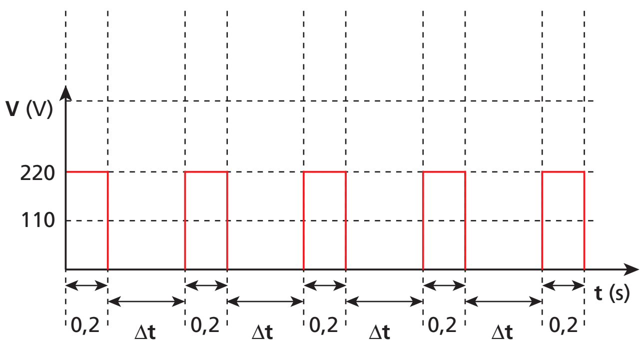
$R = R_0\,[1 + \alpha\,(\theta - \theta_0)] \Rightarrow \frac{U}{i} = \frac{U}{i_0}[1 + \alpha\,(\theta - \theta_0)]$

Sendo $\alpha = 5 \cdot 10^{-3}\ °C^{-1}$, $\theta_0 = 20\ °C$, $i_0 = 2{,}0\ A$ e $i = 1{,}6\ A$, calculemos **θ**:

$\frac{1}{1{,}6} = \frac{1}{2{,}0}[1 + 5 \cdot 10^{-3}\,(\theta - 20)] \Rightarrow \theta = 70\ °C$

Resposta: 70 °C

65 (Fuvest-SP) Um determinado aquecedor elétrico, com resistência **R** constante, é projetado para operar a 110 V. Pode-se ligar o aparelho a uma rede de 220 V, obtendo os mesmos aquecimento e consumo de energia médios, desde que haja um dispositivo que o ligue e desligue, em ciclos sucessivos, como indicado no gráfico. Nesse caso, a cada ciclo, o aparelho permanece ligado por 0,2 s e desligado por um intervalo de tempo Δt. Determine:



a) a relação Z_1 entre as potências P_{220} e P_{110}, dissipadas por esse aparelho em 220 V e 110 V, respectivamente, quando está continuamente ligado, sem interrupção;
b) o valor do intervalo Δt, em segundos, em que o aparelho deve permanecer desligado a 220 V, para que a potência média dissipada pelo resistor nessa tensão seja a mesma que quando ligado continuamente em 110 V;

c) a relação Z_2 entre as correntes médias I_{220} e I_{110}, que percorrem o resistor quando em redes de 220 V e 110 V, respectivamente, para a situação do item anterior.

> **Note e adote:**
> Potência média é a razão entre a energia dissipada em um ciclo e o período total do ciclo.

Resolução:

a) $$Z_1 = \frac{P_{220}}{P_{110}} = \frac{\frac{220^2}{R}}{\frac{110^2}{R}} = \frac{220 \cdot 220}{110 \cdot 110} = 2 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{Z_1 = 4}$$

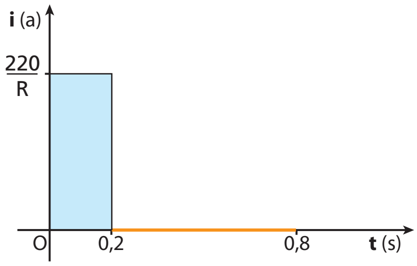
b) $$P_{\text{média}} \text{ em } 220\text{ V} = P_{110} \Rightarrow \frac{E_{220}}{\Delta t_{\text{ciclo}}} = P_{110} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{P_{220} \cdot \Delta t_{\text{ligado}}}{\Delta t_{\text{ciclo}}} = P_{110} \Rightarrow \frac{P_{220} \cdot 0{,}2}{0{,}2 + \Delta t} = P_{110} \Rightarrow 0{,}2 + \Delta t = \frac{P_{220}}{P_{110}} \cdot 0{,}2$$

$$0{,}2 + \Delta t = 4 \cdot 0{,}2$$

$$\boxed{\Delta t = 0{,}6\text{ s}}$$

c) • Num ciclo, em 220 V, temos:



$$I_{220} = \frac{|Q|}{\Delta t_{\text{ciclo}}} = \frac{\text{“área”}}{\Delta t_{\text{ciclo}}} = \frac{0{,}2 \cdot \frac{220}{R}}{0{,}8} = \frac{220}{4R}$$

• Em 110 V:

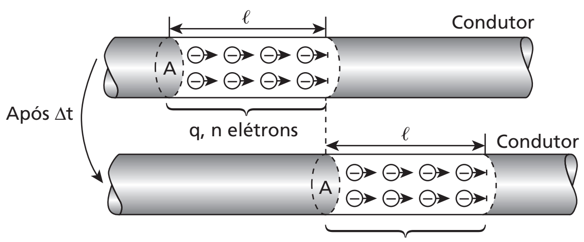
$$I_{110} = \frac{U}{R} = \frac{110}{R}$$

• $$Z_2 = \frac{I_{220}}{I_{110}} = \frac{220}{4R} \cdot \frac{R}{110} \Rightarrow \boxed{Z_2 = 0{,}5}$$

Respostas: a) 4; b) 0,6 s; c) 0,5

66 Um condutor metálico cilíndrico, cuja seção transversal tem área **A**, é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade constante **i**. Sendo **N** o número de elétrons livres por unidade de volume do condutor, **e** a carga elétrica elementar e **v** a velocidade média de deslocamento dos elétrons livres, determine a intensidade da corrente elétrica.

Resolução:

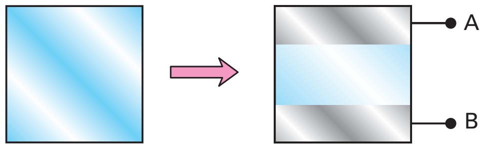


$$N = \frac{n}{A\,\ell} \Rightarrow n = N\,A\,\ell \Rightarrow |q| = N\,A\,\ell\,e$$

$$i = \frac{|q|}{\Delta t} \Rightarrow i = \frac{N\,A\,\ell\,e}{\Delta t} \Rightarrow i = N\,A\,v\,e$$

Resposta: $i = N\,A\,v\,e$

67 Um experimentador deseja conseguir uma película de alumínio de espessura igual a 50 Å (1 Å = 10^{-10} m), por meio da evaporação desse metal sobre uma superfície limpa de vidro, situada em um recinto onde se fez o vácuo. Inicialmente, o experimentador cobre uma faixa da superfície de vidro e deposita, por evaporação, uma espessa (muito mais que 50 Å) camada de alumínio no resto da superfície. Evidentemente, a faixa coberta continua limpa, sem alumínio.

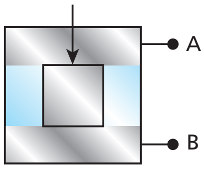


Superfície de vidro totalmente limpa.

As regiões sombreadas correspondem a depósito de alumínio.
A faixa clara continua limpa, pois é a faixa que estava coberta.

Em seguida, cobrindo nova e convenientemente a placa, inicia-se uma nova evaporação de alumínio em uma faixa de mesma largura e perpendicular à que se deixou limpa:

Novo depósito de alumínio (região quadrada)

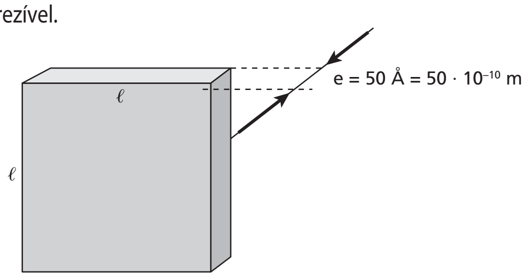


À medida que se processa essa nova evaporação, o experimentador vai medindo a resistência elétrica entre os terminais **A** e **B**. Em qual valor da resistência ele deve interromper o processo, a fim de que a nova película depositada (região quadrada) apresente a espessura desejada (50 Å)?

Dado: resistividade do alumínio na temperatura ambiente = $= 2{,}83 \cdot 10^{-6}\ \Omega\ \text{m}$

Resolução:

A resistência elétrica entre **A** e **B** é praticamente a resistência da película quadrada, uma vez que as camadas espessas têm resistência desprezível.



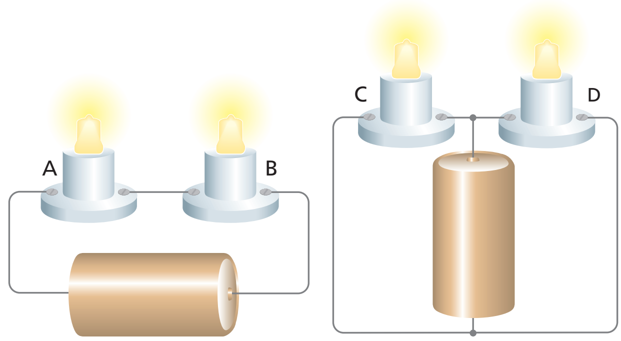
$$R = \frac{\rho\,\ell}{A} = \frac{\rho\,\ell}{\ell\,e} = \frac{2{,}83 \cdot 10^{-6}}{50 \cdot 10^{-10}} \Rightarrow R = 566\ \Omega$$

Resposta: 566 Ω

Tópico 2

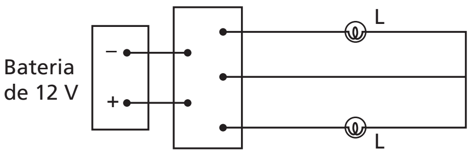
1 Nas ilustrações a seguir, como estão associadas as lâmpadas:

a) **A** e **B**? b) **C** e **D**?



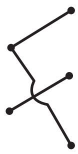
Respostas: a) Em série; b) Em paralelo.

2 (Fuvest-SP) As duas lâmpadas **L** mostradas na figura funcionam normalmente sob tensão de 12 V:



Represente uma maneira correta de ligar os terminais do quadro de ligação, para que as duas lâmpadas funcionem em condições normais de operação.

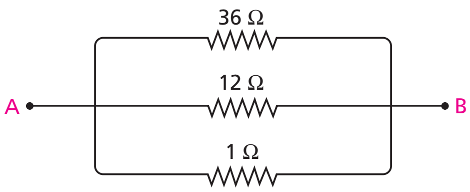
Resposta:



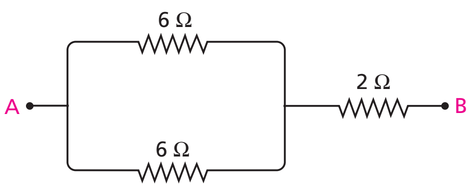
3 Em cada uma das associações a seguir, determine a resistência equivalente entre os pontos **A** e **B**:

a)

b)



c)



Resolução:

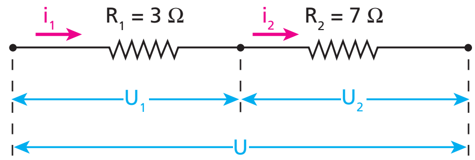
a) $R_{eq} = 3 + 7 \Rightarrow \boxed{R_{eq} = 10\ \Omega}$

b) $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{36} + \frac{1}{12} + \frac{1}{1} = \frac{40}{36} \Rightarrow \boxed{R_{eq} = 0{,}9\ \Omega}$

c) $R_{eq} = \frac{6}{2} + 2 \Rightarrow \boxed{R_{eq} = 5\ \Omega}$

Respostas: a) 10 Ω; b) 0,9 Ω; c) 5 Ω

4 E.R. A figura representa a associação de dois resistores em série, em que a ddp U_1 é igual a 12 V:



Determine:

a) as intensidades de corrente i_1 e i_2;

b) a ddp U_2 e a ddp **U**;

c) a potência dissipada em cada resistor.

Resolução:

a) Aplicando a **Primeira Lei de Ohm** ao resistor de resistência R_1, temos:

$$U_1 = R_1\, i_1 \Rightarrow 12 = 3i_1 \Rightarrow \boxed{i_1 = 4\ A}$$

Como os dois resistores estão associados em série, tem-se:

$$\boxed{i_2 = 4\ A}$$

b) Aplicando a Primeira Lei de Ohm a R_2, vem:

$$U_2 = R_2\, i_2 \Rightarrow U_2 = 7 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{U_2 = 28\ V}$$

A ddp **U** é dada por:

$$U = U_1 + U_2 = 12 + 28 \Rightarrow \boxed{U = 40\ V}$$

Nota:

- A resistência equivalente da associação é igual a 10 Ω. A aplicação da Primeira Lei de Ohm à resistência equivalente também fornece a ddp **U**:

$$U = R_{eq}\, i = 10 \cdot 4 \Rightarrow U = 40\ V$$

c) Usando, por exemplo, Pot = U i nos resistores de resistências R_1 e R_2, obtemos, respectivamente:

$$Pot_1 = U_1\, i_1 = 12 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{Pot_1 = 48\ W}$$

$$Pot_2 = U_2\, i_2 = 28 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{Pot_2 = 112\ W}$$

Observe que, em uma associação em série, a potência dissipada é **maior** no resistor de **maior** resistência.

Nota:

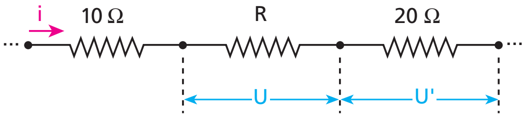
- A melhor expressão para comparar as potências dissipadas em resistores **em série** é Pot = R i^2, pois **i** é uma **constante**. Assim, Pot será tanto **maior** quanto **maior** for **R**.

5 Com relação à associação de resistores em série, indique a alternativa incorreta:

a) A resistência equivalente à associação é sempre maior que a de qualquer um dos resistores componentes.
b) A intensidade de corrente elétrica é igual em todos os resistores.
c) A soma das tensões nos terminais dos resistores componentes é igual à tensão nos terminais da associação.
d) A tensão é necessariamente a mesma em todos os resistores.
e) A potência elétrica dissipada é maior no resistor de maior resistência.

Resposta: d

6 No trecho de circuito, temos i = 2 A e U = 100 V. Calcule **R** e U'.



Resolução:

$$R = \frac{U'}{i} = \frac{100}{2} \Rightarrow \boxed{R = 50\ \Omega}$$

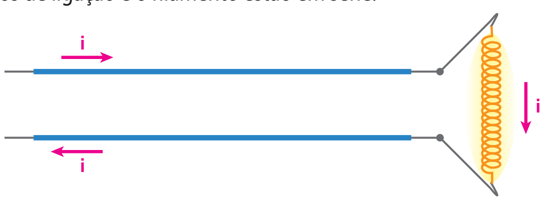
$$U' = 20\ i = 20 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{U' = 40\ V}$$

Resposta: R = 50 Ω; U' = 40 V

7 (PUC-PR) Toma-se uma lâmpada incandescente onde está escrito "130 V–60 W" e liga-se por meio de fios condutores a uma tomada elétrica. O filamento da lâmpada fica incandescente, enquanto os fios de ligação permanecem "frios". Isso ocorre porque:

a) os fios de ligação têm maior resistência elétrica que o filamento.
b) os fios de ligação têm menor resistência elétrica que o filamento.
c) os fios de ligação são providos de capa isolante.
d) o filamento é enrolado em espiral.
e) a corrente que passa no filamento é maior que a dos fios de ligação.

Resolução:
Os fios de ligação e o filamento estão em série:



$Pot = Ri^2$: como a resistência elétrica dos fios de ligação é desprezível em comparação com a do filamento, a potência dissipada nos fios também é desprezível em comparação com a dissipada no filamento.

Resposta: b

8 E.R. Para iluminar uma árvore de Natal, são associadas em série lâmpadas iguais, especificadas por: 5 W–5 V. A associação é ligada a uma tomada de 110 V. Determine:

a) o número de lâmpadas que devem ser associadas, para que cada uma opere de acordo com suas especificações;
b) a resistência de cada lâmpada;
c) o que acontecerá com as outras lâmpadas, se uma delas queimar, abrindo o circuito.

Resolução:

a) A intensidade de corrente é a mesma em todas as lâmpadas. Como essas lâmpadas são iguais, elas têm a mesma resistência elétrica. Portanto, a ddp **U** também é igual em todas elas: u = 5 V. Sendo **n** o número de lâmpadas associadas e U = 110 V, temos:

$$U = n\,u \Rightarrow 110 = n \cdot 5 \Rightarrow \boxed{n = 22}$$

b) Usando, por exemplo, $Pot = \frac{u^2}{R}$ em uma das lâmpadas, vem:

$$5 = \frac{5^2}{R} \Rightarrow \boxed{R = 5\ \Omega}$$

c) Se uma lâmpada queimar-se, isto é, se seu filamento for destruído ou pelo menos se partir, as outras lâmpadas se apagarão.

9 Um estudante resolveu iluminar seu boné com pequenas lâmpadas, especificadas por: 1,5 V–1,8 W, associadas em série. Para alimentar essa associação, ele usa uma pequena bateria, que oferece a ela 9,0 V (nove volts).

a) Quantas lâmpadas devem ser associadas para que elas operem conforme suas especificações?
b) Calcule a resistência elétrica de cada lâmpada.

Resolução:

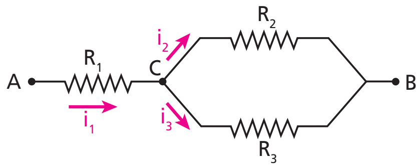
a) $U = n\,u \Rightarrow 9{,}0 = n \cdot 1{,}5 \Rightarrow \boxed{n = 6}$

b) $Pot = \frac{U^2}{R} \Rightarrow 1{,}8 = \frac{1{,}5^2}{R} \Rightarrow \boxed{R = 1{,}25\ \Omega}$

Respostas: a) 6; b) 1,25 Ω

10 E.R. Entre os terminais **A** e **B** da associação representada na figura a seguir, a tensão é de 120 V.
Sendo $R_1 = 16\ \Omega$, $R_2 = 60\ \Omega$ e $R_3 = 40\ \Omega$, determine:

a) a intensidade de corrente i_1;
b) a ddp entre os pontos **C** e **B**;
c) as intensidades de corrente i_2 e i_3;
d) a potência dissipada em cada um dos resistores em paralelo.

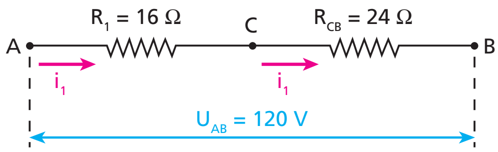


Resolução:

a) Entre os pontos **C** e **B** temos dois resistores em paralelo, que equivalem a:

$$R_{CB} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{60 \cdot 40}{60 + 40} \Rightarrow R_{CB} = 24\ \Omega$$

Temos, assim, a seguinte situação equivalente à associação dada:



Aplicando a **Primeira Lei de Ohm** entre **A** e **B**, temos:

$$U_{AB} = R_{AB}\, i_1 \Rightarrow 120 = 40\, i_1 \Rightarrow \boxed{i_1 = 3\ A}$$

b) Aplicando a **Primeira Lei de Ohm** entre **C** e **B**, temos:

$$U_{CB} = R_{CB}\, i_1 \Rightarrow U_{CB} = 24 \cdot 3 \Rightarrow \boxed{U_{CB} = 72\ V}$$

c) Retornemos à associação dada inicialmente. Tanto em R_2 como em R_3, a tensão é U_{CB} igual a 72 V, pois esses resistores estão ligados em paralelo entre os pontos **C** e **B**.
Assim, temos em R_2:

$$U_{CB} = R_2\, i_2 \Rightarrow 72 = 60\, i_2 \Rightarrow \boxed{i_2 = 1{,}2\ A}$$

E no resistor de resistência R_3:

$$U_{CB} = R_3\, i_3 \Rightarrow 72 = 40\, i_3 \Rightarrow \boxed{i_3 = 1{,}8\ A}$$

Observemos que a soma de i_2 com i_3 é igual a i_1:

$$1{,}2\ A + 1{,}8\ A = 3\ A$$

d) Usando, por exemplo, Pot = U i nos resistores de resistências R_2 e R_3 obtemos, respectivamente:

$$Pot_2 = U_2\, i_2 = U_{CB}\, i_2 = 72 \cdot 1{,}2 \Rightarrow \boxed{Pot_2 \simeq 86\ W}$$

$$Pot_3 = U_3\, i_3 = U_{CB}\, i_3 = 72 \cdot 1{,}8 \Rightarrow \boxed{Pot_3 \simeq 130\ W}$$

Observe que, em uma associação em paralelo, a potência dissipada é **maior** no resistor de **menor** resistência.

Nota:

- A melhor expressão para comparar as potências dissipadas em resistores **em paralelo** é $Pot = \frac{U^2}{R}$, pois, nesse caso, **U** é uma **constante**. Assim, Pot será tanto **maior** quanto **menor** for **R**.

11 Com relação à associação de resistores em paralelo, indique a alternativa **incorreta**.

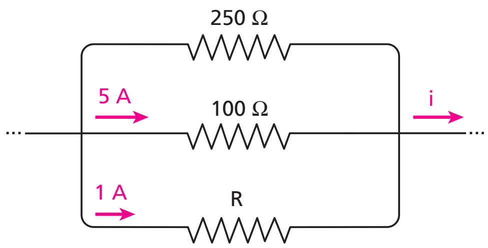
a) A resistência equivalente à associação é sempre menor que a de qualquer um dos resistores componentes.
b) As intensidades de corrente elétrica nos resistores componentes são inversamente proporcionais às resistências desses resistores.
c) A tensão é necessariamente igual em todos os resistores componentes.
d) A resistência equivalente à associação é sempre dada pelo quociente do produto de todas as resistências componentes pela soma delas.
e) A potência elétrica dissipada é maior no resistor de menor resistência.

Resolução:
O quociente do produto pela soma das resistências só fornece a resistência equivalente à associação de **dois** resistores em paralelo.

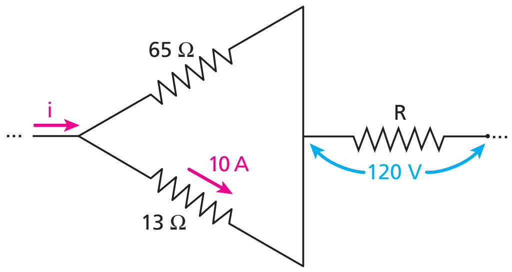
Resposta: d

12 Calcule a intensidade de corrente **i** e a resistência **R** em cada um dos trechos de circuito a seguir:

a)



b)



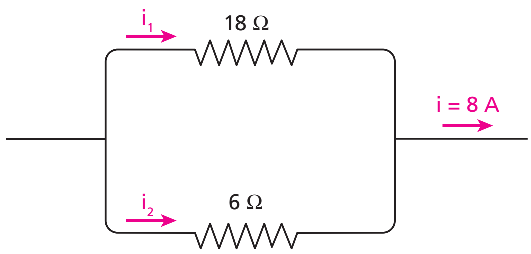
Resolução:

a) • No resistor de 100 Ω: $U = 100 \cdot 5 \Rightarrow U = 500\ V$
• No resistor de 250 Ω: $500 = 250\, i' \Rightarrow i' = 2\ A$
• $i = 1 + 5 + i' = 1 + 5 + 2 \Rightarrow \boxed{i = 8\ A}$
• Em **R**: $500 = R \cdot 1 \Rightarrow \boxed{R = 500\ \Omega}$

b) • No resistor de 13 Ω: $U = 13 \cdot 10 \Rightarrow U = 130\ V$
• No resistor de 65 Ω: $130 = 65\, i' \Rightarrow i' = 2\ A$
• $i = 10 + i' = 10 + 2 \Rightarrow \boxed{i = 12\ A}$
• Em **R**: $120 = R \cdot 12 \Rightarrow \boxed{R = 10\ \Omega}$

Respostas: a) i = 8 A e R = 500 Ω; b) i = 12 A e R = 10 Ω

13 Sendo i = 8 A, calcule as intensidades de corrente i_1 e i_2 na associação de resistores a seguir:

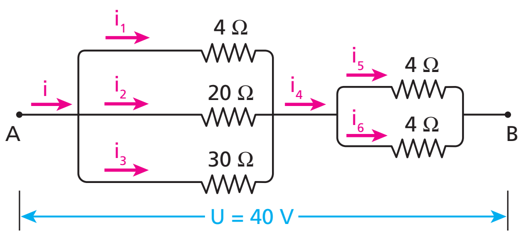


Resolução:

• $18\, i_1 = 6\, i_2 \Rightarrow i_2 = 3\, i_1$
• $i_1 + i_2 = 8 \Rightarrow 4\, i_1 = 8 \Rightarrow \boxed{i_1 = 2\ A}$ e $\boxed{i_2 = 6\ A}$

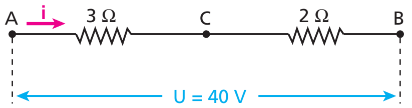
Respostas: $i_1 = 2\ A$; $i_2 = 6 A$

14 No trecho de circuito esquematizado a seguir, calcule as intensidades de corrente elétrica **i**, i_1, i_2, i_3, i_4, i_5 e i_6:



Resolução:

Resolvendo as duas associações de resistores em paralelo, obtemos:



$U_{AB} = R_{AB}\, i \Rightarrow 40 = 5\, i \Rightarrow \boxed{i = i_4 = 8\text{ A}}$

Entre **A** e **C**, temos:

$U_{AC} = R_{AC}\, i = 3 \cdot 8 \Rightarrow U_{AC} = 24\text{ V}$

$U_{AC} = 4\, i_1 \Rightarrow 24 = 4\, i_1 \Rightarrow \boxed{i_1 = 6\text{ A}}$

$U_{AC} = 20\, i_2 \Rightarrow 24 = 20\, i_2 \Rightarrow \boxed{i_2 = 1{,}2\text{ A}}$

$U_{AC} = 30\, i_3 \Rightarrow 24 = 30\, i_3 \Rightarrow \boxed{i_3 = 0{,}8\text{ A}}$

Entre **C** e **B**, temos:

$U_{CB} = R_{CB}\, i = 2 \cdot 8 \Rightarrow U_{CB} = 16\text{ V}$

$U_{CB} = 4\, i_5 \Rightarrow 16 = 4\, i_5 \Rightarrow \boxed{i_5 = 4\text{ A}}$

$U_{CB} = 4\, i_6 \Rightarrow 16 = 4\, i_6 \Rightarrow \boxed{i_6 = 4\text{ A}}$

Respostas: $i = 8$ A; $i_1 = 6$ A; $i_2 = 1{,}2$ A; $i_3 = 0{,}8$ A; $i_4 = 8$ A; $i_5 = 4$ A; $i_6 = 4$ A

15 Deseja-se montar um aquecedor elétrico de imersão, que será ligado em uma tomada em que a ddp **U** é constante. Para isso, dispõe-se de três resistores: um de 30 Ω, um de 20 Ω e outro de 10 Ω. Para o aquecedor ter a máxima potência possível, deve-se usar:

a) apenas o resistor de 10 Ω;
b) apenas o resistor de 30 Ω;
c) os três resistores associados em série;
d) os três resistores associados em paralelo;
e) apenas os resistores de 10 Ω e 20 Ω, associados em paralelo.

Resolução:

$Pot_{máx} = \dfrac{U^2}{R_{eq_{mín}}}$ (**U** constante)

A mínima resistência equivalente é obtida associando-se em paralelo todos os resistores disponíveis.

Resposta: d

16 (UFMG) Duas lâmpadas foram fabricadas para funcionar sob uma diferença de potencial de 127 V. Uma delas tem potência de 40 W, resistência R_1 e corrente i_1. Para a outra lâmpada, esses valores são, respectivamente, 100 W, R_2 e i_2.

Assim sendo, é correto afirmar que:

a) $R_1 < R_2$ e $i_1 > i_2$.
b) $R_1 > R_2$ e $i_1 > i_2$.
c) $R_1 < R_2$ e $i_1 < i_2$.
d) $R_1 > R_2$ e $i_1 < i_2$.

Resolução:

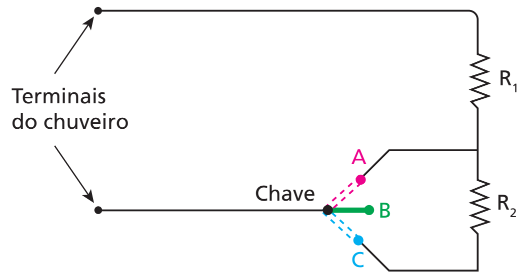
• **U** é igual para as duas lâmpadas.

• $Pot = \dfrac{U^2}{R} : Pot_1 < Pot_2 \Rightarrow \boxed{R_1 > R_2}$

• $Pot = U\, i : Pot_1 < Pot_2 \Rightarrow \boxed{i_1 < i_2}$

Resposta: d

17 A figura representa esquematicamente a parte elétrica de um chuveiro, cuja chave oferece três opções: **desligado**, **verão** e **inverno**. Associe essas opções às possíveis posições (**A**, **B** ou **C**) da chave.



Resolução:

• Para qualquer posição da chave, o valor de **U** entre os terminais do chuveiro é o mesmo.

• $Pot_A = \dfrac{U^2}{R_1}$: maior potência $\Rightarrow$ **A:** inverno

• $Pot_C = \dfrac{U^2}{R_1 + R_2}$: chuveiro operando com potência menor $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ **C:** verão

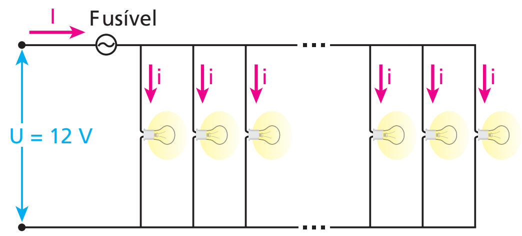
• **B:** desligado

Respostas: A: inverno; B: desligado; C: verão

18 E.R. Lâmpadas iguais, especificadas por 18 W–12 V, são associadas em paralelo, e os terminais da associação são submetidos a uma ddp U = 12 V, rigorosamente constante, como mostra a figura a seguir.

O fusível indicado queima quando a intensidade **I** da corrente que o atravessa ultrapassa 20 A.

a) Calcule o máximo número de lâmpadas que podem ser associadas sem queimar o fusível.
b) O que acontece com as outras lâmpadas se uma delas se queimar?



Resolução:

a) Como as lâmpadas são iguais e se submetem à mesma ddp, a corrente tem a mesma intensidade **i** em qualquer uma delas.

Usando Pot = U i em uma das lâmpadas, vamos calcular **i**:

$$Pot = U\, i \Rightarrow 18 = 12 \cdot i \Rightarrow i = 1{,}5\text{ A}$$

Sendo **n** o número de lâmpadas, temos:

$$I = n\, i = n \cdot 1{,}5$$

Como **I** deve ser menor ou igual a 20 A:

$$n \cdot 1{,}5 \leqslant 20 \Rightarrow n \leqslant 13{,}3 \Rightarrow \boxed{n_{máx} = 13}$$

Nota:

• Podemos resolver o item **a** de outra maneira. Pensando na associação como um todo, temos U = 12 V e $I_{máx} = 20$ A. Portanto, a potência máxima que pode ser dissipada é:

$$Pot_{máx} = U\, I_{máx} = 12 \cdot 20 \Rightarrow Pot_{máx} = 240\text{ W}$$

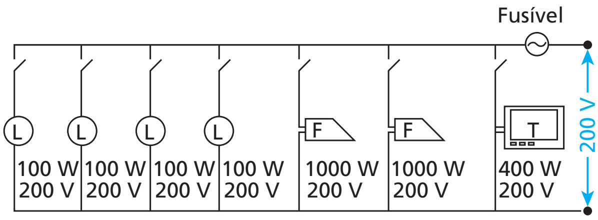
Sendo **n** o número de lâmpadas, cada uma operando com potência Pot = 18 W, temos:

$$n\ Pot \leqslant Pot_{máx} \Rightarrow n \cdot 18 \leqslant 240$$

$$\boxed{n_{máx} = 13}$$

b) Nada. Continuam sendo percorridas pela mesma corrente de intensidade **i**, uma vez que permanecem submetidas à ddp U = 12 V. Assim, seus brilhos também não se alteram.

19 Considere o circuito a seguir, em que **L** significa lâmpada, **F** significa ferro de passar roupa e **T** significa televisor. Junto a cada elemento estão seus valores nominais:



a) Determine a corrente máxima que passará pelo fusível, em condições normais de funcionamento.
b) Se todo o sistema funcionar durante 2 horas, qual será o consumo de energia elétrica, em kWh?

Resolução:

a) • $i = \dfrac{Pot}{U}$ $\begin{cases} i_L = \dfrac{100}{200} \Rightarrow i_L = 0{,}5\ A \\ i_F = \dfrac{1\,000}{200} \Rightarrow i_F = 5\ A \\ i_T = \dfrac{400}{200} \Rightarrow i_T = 2\ A \end{cases}$

• $i_{máx} = 4\, i_L + 2\, i_F + i_T =$
$= 2 + 10 + 2$

$$\boxed{i_{máx} = 14\ A}$$

b) $Pot_{máx} = 4 \cdot 100 + 2 \cdot 1\,000 + 400$

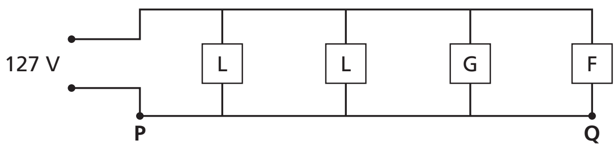
$Pot_{máx} = 2\,800\ W = 2{,}8\ kW$

$E = Pot_{máx}\ \Delta t = 2{,}8\ kW \cdot 2\ h$

$$\boxed{E = 5{,}6\ kWh}$$

Respostas: a) 14 A; b) 5,6 kWh.

20 (UFMG) O circuito da rede elétrica de uma cozinha está representado, esquematicamente, nesta figura:



Nessa cozinha, há duas lâmpadas **L**, uma geladeira **G** e um forno elétrico **F**.

Considere que a diferença de potencial na rede é constante.

Inicialmente, apenas as lâmpadas e o forno estão em funcionamento. Nessa situação, as correntes elétricas nos pontos **P** e **Q**, indicados na figura, são, respectivamente, i_P e i_Q.

Em certo instante, a geladeira entra em funcionamento. Considerando-se essa nova situação, é **correto** afirmar que:

a) $\mathbf{i_P}$ e $\mathbf{i_Q}$ se alteram
b) apenas $\mathbf{i_P}$ se altera.
c) $\mathbf{i_P}$ e $\mathbf{i_Q}$ não se alteram.
d) apenas $\mathbf{i_Q}$ se altera.

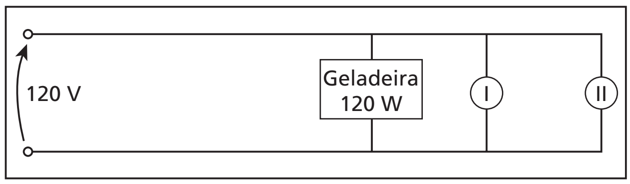
Resolução:

• i_Q não se altera : $i_Q = \dfrac{U}{R_F}$, independentemente da participação da geladeira.

• i_P se altera : sem a participação da geladeira, $i_P = 2\, i_L + i_F$;
com a participação da geladeira, $i_P = 2\, i_L + i_G + i_F$

Resposta: b

21 (UFF-RJ) A figura abaixo mostra o esquema elétrico de um dos circuitos da cozinha de uma casa, no qual está ligada uma geladeira, de potência especificada na própria figura. Em cada uma das tomadas I e II pode ser ligado apenas um eletrodoméstico de cada vez. Os eletrodomésticos que podem ser usados são: um micro-ondas (120 V–900 W), um liquidificador (120 V–200 W), uma cafeteira (120 V–600 W) e uma torradeira (120 V–850 W).



Quanto maior a corrente elétrica suportada por um fio, maior é seu preço. O fio, que representa a escolha mais econômica possível para esse circuito, deverá suportar, dentre as opções abaixo, uma corrente de:

a) 5 A
b) 10 A
c) 15 A
d) 20 A
e) 25 A

Resolução:

$Pot_{máx} = Pot_{Gel} + Pot_{Mic} + Pot_{Tor}$

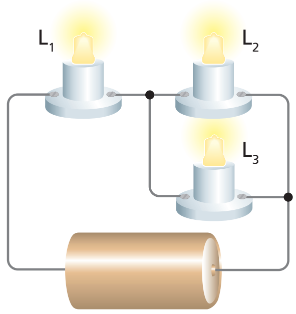
$Pot_{máx} = 120\ W + 900\ W + 850\ W = 1\,870\ W$

$Pot_{máx} = U\, i_{máx} \Rightarrow 1\,870 = 120\, i_{máx}$

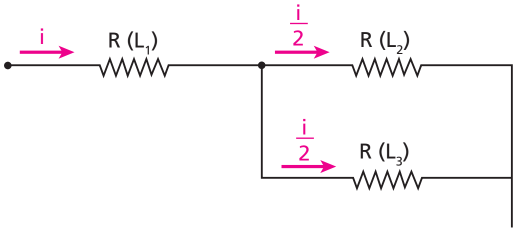
$$\boxed{i_{máx} \simeq 15{,}6\ A}$$

Resposta: d

22 E.R. Três lâmpadas iguais, L_1, L_2 e L_3, estão associadas como indica a figura. Sendo P_1, P_2 e P_3 as potências com que operam as lâmpadas L_1, L_2 e L_3, respectivamente, compare P_2 com P_3 e P_1 com P_2.



Resolução:
Sendo **R** a resistência elétrica de cada lâmpada, a associação pode ser representada esquematicamente assim:



Temos, então:

$$P_1 = R\,i^2$$

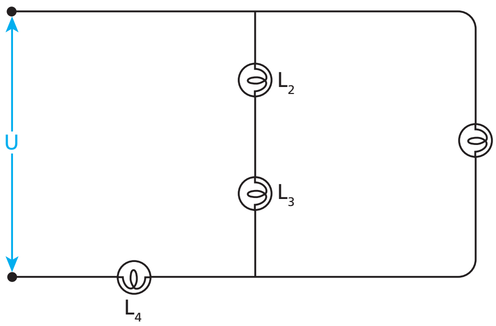
$$P_2 = R\left(\frac{i}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}R\,i^2$$

$$P_3 = R\left(\frac{i}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}R\,i^2$$

Portanto:

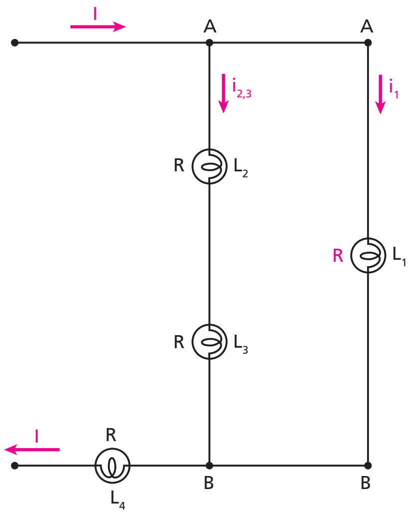
$\boxed{P_2 = P_3}$ e $\boxed{P_1 = 4\,P_2}$

23 (UFMA) Na associação de lâmpadas abaixo, todas elas são iguais.



Podemos afirmar, corretamente, que:
a) nenhuma das lâmpadas tem brilho igual.
b) a lâmpada L_1 brilha mais que todas as outras.
c) todas as lâmpadas têm o mesmo brilho.
d) as lâmpadas L_1, L_2 e L_3 têm o mesmo brilho.
e) a lâmpada L_1 brilha mais que a L_2.

Resolução:



$$i_1 = \frac{U_{AB}}{R}$$

$$i_{2,3} = \frac{U_{AB}}{2R}$$

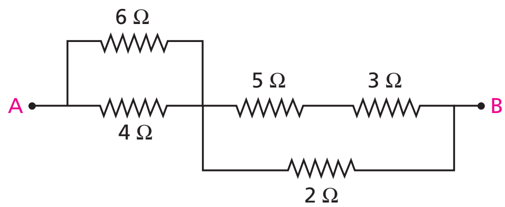
$$I = i_1 + i_{2,3}$$

Como Pot = R i²: L_4 tem o maior brilho;
L_2 e L_3 têm o mesmo e o menor brilho;
L_1 brilha mais que L_2.

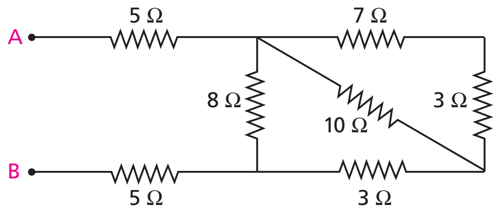
Resposta: e

24 Calcule a resistência equivalente entre os terminais **A** e **B**, nos seguintes casos:

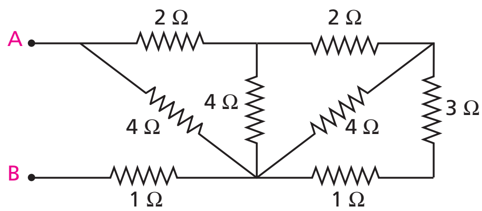
a)



b)



c)



Resolução:

a) 6 Ω em paralelo com 4 Ω: $\dfrac{6 \cdot 4}{6+4} \Rightarrow \boxed{2{,}4\ \Omega}$

5 Ω em série com 3 Ω $\Rightarrow$ 8 Ω

8 Ω em paralelo com 2 Ω: $\dfrac{8 \cdot 2}{8+2} \Rightarrow \boxed{1{,}6\ \Omega}$

$\boxed{2{,}4\ \Omega}$ em série com $\boxed{1{,}6\ \Omega}$ $\Rightarrow \boxed{R_{AB} = 4\ \Omega}$

b) 7 Ω em série com 3 Ω $\Rightarrow$ 10 Ω
10 Ω em paralelo com 10 Ω $\Rightarrow$ 5 Ω
5 Ω em série com 3 Ω $\Rightarrow$ 8 Ω

8 Ω em paralelo com 8 Ω $\Rightarrow \boxed{4\ \Omega}$

5 Ω, $\boxed{4\ \Omega}$ e 5 Ω em série $\Rightarrow \boxed{R_{AB} = 14\ \Omega}$

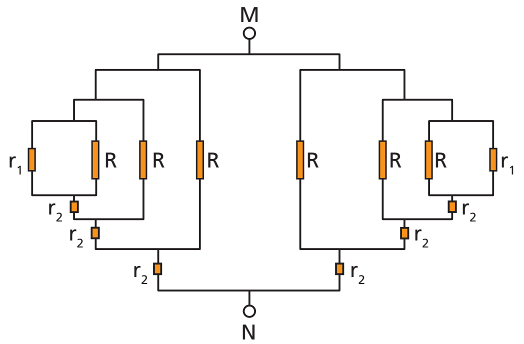
c) 3 Ω em série com 1 Ω ⇒ 4 Ω
4 Ω em paralelo com 4 Ω ⇒ 2 Ω
2 Ω em série com 2 Ω ⇒ 4 Ω
4 Ω em paralelo com 4 Ω ⇒ 2 Ω
2 Ω em série com 2 Ω ⇒ 4 Ω

4 Ω em paralelo com 4 Ω $\Rightarrow \boxed{2\ \Omega}$

$\boxed{2\ \Omega}$ em série com 1 Ω $\Rightarrow \boxed{R_{AB} = 3\ \Omega}$

Respostas: a) 4 Ω; b) 14 Ω; c) 3 Ω

25 (UFC-CE) Os valores das resistências do circuito representado abaixo são: $R = 8\ \Omega$, $r_1 = 2\ \Omega$ e $r_2 = 0{,}4\ \Omega$. A resistência equivalente, entre os pontos **M** e **N**, vale:



a) $1\ \Omega$. b) $2\ \Omega$. c) $4\ \Omega$. d) $8\ \Omega$. e) $16\ \Omega$.

Resolução:

$R = 8\ \Omega$, $r_1 = 2\ \Omega$ e $r_2 = 0{,}4\ \Omega$

Vamos calcular a resistência equivalente à da associação da esquerda, que é igual à da direita:

- r_1 em paralelo com **R**: $\dfrac{8 \cdot 2}{8 + 2} \Rightarrow 1{,}6\ \Omega$
- $1{,}6\ \Omega$ em série com $r_2 \Rightarrow 2\ \Omega$
- $2\ \Omega$ em paralelo com **R**: $\dfrac{2 \cdot 8}{2 + 8} \Rightarrow 1{,}6\ \Omega$
- $1{,}6\ \Omega$ em série com r_2: $2\ \Omega$
- $2\ \Omega$ em paralelo com **R** $\Rightarrow 1{,}6\ \Omega$
- $1{,}6\ \Omega$ em série com r_2: $\boxed{2\ \Omega}$
- $2\ \Omega$ (da esquerda) em paralelo com $2\ \Omega$ (da direita) $\Rightarrow$

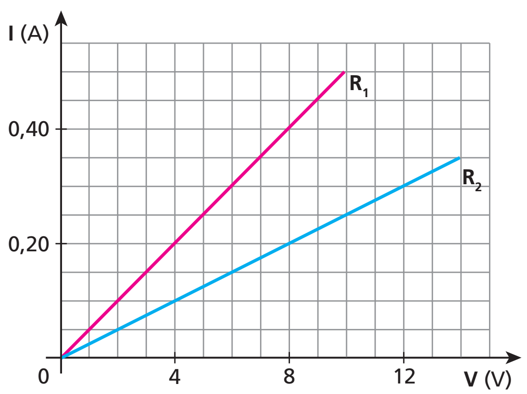
$\Rightarrow \boxed{R_{MN} = 1\ \Omega}$

Resposta: a

26 (Vunesp-SP) Os gráficos na figura a seguir mostram o comportamento da corrente em dois resistores, R_1 e R_2, em função da tensão aplicada.

a) Considere uma associação em série desses dois resistores, ligada a uma bateria. Se a tensão no resistor R_1 for igual a 4 V, qual será o valor da tensão em R_2?

b) Considere, agora, uma associação em paralelo desses dois resistores, ligada a uma bateria. Se a corrente que passa pelo resistor R_1 for igual a 0,30 A, qual será o valor da corrente por R_2?



Resolução:

a) Lendo os gráficos:

$U_1 = 4\ V \Rightarrow i_1 = 0{,}20\ A$

$i_2 = 0{,}20\ A \Rightarrow \boxed{U_2 = 8\ V}$

b) $i_1 = 0{,}30\ A \Rightarrow U_1 = 6\ V$

$U_2 = 6\ V \Rightarrow \boxed{i_2 = 0{,}15\ A}$

Respostas: a) 8 V; b) 0,15 A

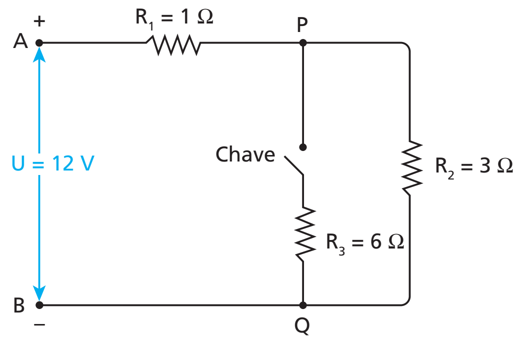
27 Os terminais de um cordão de 20 lâmpadas iguais, associadas em série, estão ligados em uma tomada de 120 V, e cada lâmpada funciona com potência igual a 5 W. Uma dessas lâmpadas queimou-se e, em seu lugar, será colocado um pedaço de fio de nicromo. Calcule a resistência desse fio para que as demais lâmpadas continuem operando sem alteração de potência e, portanto, de brilho.

Resolução:

- Em cada lâmpada: $U_L = \dfrac{120\ V}{20} = 6\ V$
- $Pot_L = \dfrac{U_L^2}{R_L} \Rightarrow 5 = \dfrac{6^2}{R_L} \Rightarrow R_L = 7{,}2\ \Omega$
- R_{fio} deve ser igual a R_L: $\boxed{R_{fio} = 7{,}2\ \Omega}$

Resposta: $7{,}2\ \Omega$

28 E.R. Entre os terminais **A** e **B** da associação representada na figura a seguir é mantida uma tensão **U** constante e igual a 12 V.



Calcule a ddp entre os pontos **P** e **Q**:

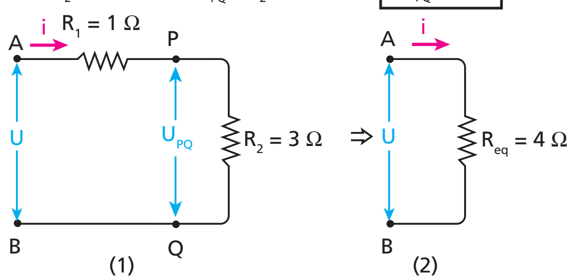
a) com a chave aberta; b) com a chave fechada.

Resolução:

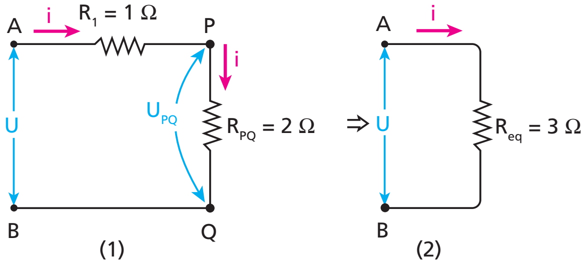
a) Com a chave aberta, não passa corrente por R_3. Portanto, R_3 não participa da associação. Assim, R_1 e R_2 estão em série, equivalendo a $R_{eq} = 1\ \Omega + 3\ \Omega = 4\ \Omega$. Veja as figuras a seguir.

Na figura (2): $U = R_{eq}\, i \Rightarrow 12 = 4 \cdot i \Rightarrow i = 3\ A$

Em R_2, na figura (1): $U_{PQ} = R_2\, i = 3 \cdot 3 \Rightarrow \boxed{U_{PQ} = 9\ V}$



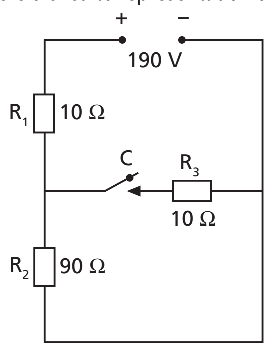
b) Com a chave fechada, R_2 e R_3 estão em paralelo entre os pontos **P** e **Q**, equivalendo a $R_{PQ} = \frac{3 \cdot 6}{3+6}\ \Omega = 2\ \Omega$. Por sua vez, R_{PQ} está em série com R_1, o que equivale a $R_{eq} = 2\ \Omega + 1\ \Omega = 3\ \Omega$:



Na figura (2): $U = R_{eq}\, i \Rightarrow 12 = 3 \cdot i \Rightarrow i = 4\ \text{A}$

Em R_{PQ}, na figura (1): $U_{PQ} = R_{PQ}\, i = 2 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{U_{PQ} = 8\ \text{V}}$

29 (Ufal) Considere o circuito representado no esquema abaixo.



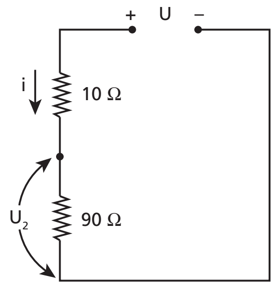
Determine a diferença de potencial U_2 nos terminais do resistor R_2:

a) com a chave **C** aberta;

b) com a chave **C** fechada.

Resolução:

a)

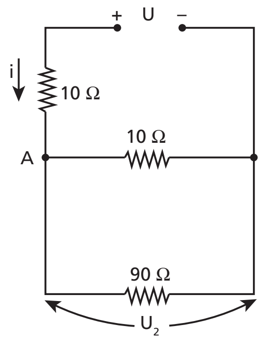


$U = R_{eq}\, i \Rightarrow 190 = (10 + 90)i$

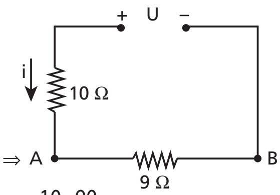
$i = 1{,}9\ \text{A}$

$U_2 = R_2\, i = 90 \cdot 1{,}9 \Rightarrow U_2 = 171\ \text{V}$

b)



⇒



$\frac{10 \cdot 90}{10 + 90} = 9$

$U = R_{eq}\, i \Rightarrow 190 = (10 + 9)i$

$i = 10\ \text{A}$

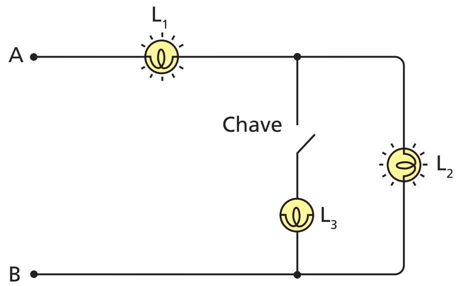
$U_2 = U_{AB} = 9i = 9 \cdot 10$

$U_2 = 90\ \text{V}$

Respostas: a) 171 V; b) 90V

30 Três lâmpadas iguais (L_1, L_2 e L_3) são associadas e os terminais **A** e **B** da associação são submetidos a uma ddp constante **U**, suficiente para que as lâmpadas acendam. Inicialmente, a chave está aberta.

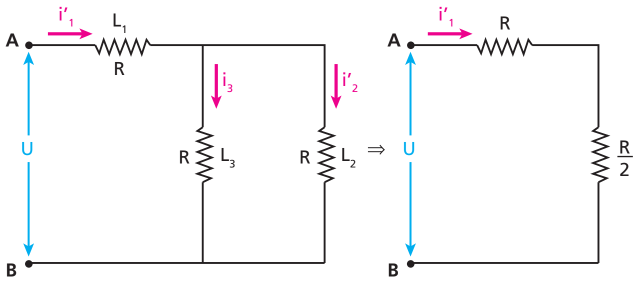
Fechando-se a chave, o que acontece com o brilho das lâmpadas L_1 e L_2?



Resolução:

Chave aberta: $i_1 = i_2 = \frac{U}{2R}$

Chave fechada:



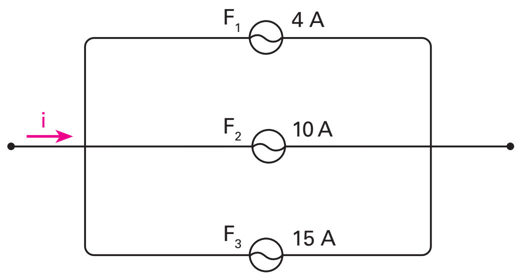
• $i_1' = \frac{U}{R + \frac{R}{2}} = \frac{2U}{3R} \Rightarrow$ $\boxed{i_1' > i_1 \text{ e o brilho de } L_1 \textbf{ aumenta}.}$

(Pot = R i²)

• $i_2' = i_3 \Rightarrow i_2' = \frac{i_1'}{2} = \frac{U}{3R} \Rightarrow$ $\boxed{i_2' < i_2 \text{ e o brilho de } L_2 \textbf{ diminui}.}$

Resposta: Aumenta e diminui, respectivamente

31 Na figura, F_1, F_2 e F_3 são fusíveis de resistências iguais, que suportam correntes máximas de 4 A, 10 A e 15 A, respectivamente:



Para que nenhum fusível se queime, a corrente **i** pode valer, no máximo:

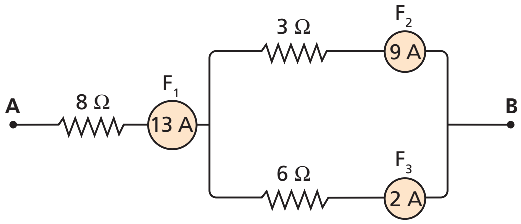
a) 29 A;
b) 30 A;
c) 45 A;
d) 12 A;
e) 4 A.

Resolução:

Como as resistências dos fusíveis são iguais, a intensidade de corrente é a mesma em todos eles, podendo valer até 4 A em cada um. Assim, o máximo valor de **i** é 12 A.

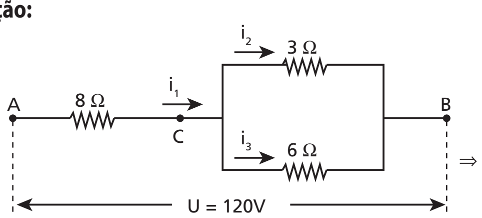
Resposta: d

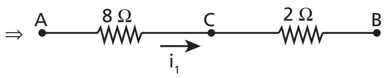
32 Na montagem esquematizada na figura, F_1, F_2 e F_3 são fusíveis de resistências desprezíveis, que suportam, no máximo, as correntes neles indicadas:



Se os pontos **A** e **B** forem submetidos a uma diferença de potencial de 120 V, que fusíveis deverão queimar-se?

Resolução:





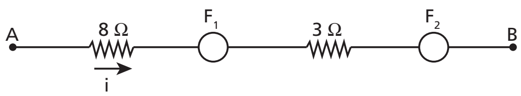
$U_{AB} = R_{AB}\, i_1 \;\Rightarrow\; 120 = 10 i_1 \;\Rightarrow\; i_1 = 12\text{ A}$

$U_{CB} = R_{CB}\, i_1 \;\Rightarrow\; U_{CB} = 2 \cdot 12 \;\Rightarrow\; U_{CB} = 24\text{ V}$

$I_2 = \dfrac{24}{3} \;\Rightarrow\; i_2 = 8\text{ A}$

$I_3 = \dfrac{24}{6} \;\Rightarrow\; i_3 = 4\text{ A}$

Sendo $i_1 = 12$ A, $i_2 = 8$ A e $i_3 = 4$ A, concluímos que o fusível F_3 queima. Após a queima de F_3, porém, a corrente no circuito altera-se:

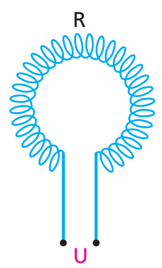


$U_{AB} = R_{AB}\, i \;\Rightarrow\; 120 = 11 i \;\Rightarrow\; i \simeq 10{,}9\text{ A}$

Concluímos, então, que o fusível F_2 também queima.

Respostas: F_2 e F_3

33 E.R. A figura representa o resistor, de resistência **R**, de um aquecedor elétrico, projetado para funcionar sob tensão **U** igual a 220 V.



Como devemos ligar esse resistor, sem cortá-lo, para que funcione com a mesma potência em 110 V? Dispõe-se apenas de fios de cobre para ligações.

Resolução:

A potência do aquecedor funcionando em 220 V pode ser expressa por:

$$\text{Pot} = \frac{U^2}{R} = \frac{220 \cdot 220}{R} \qquad \text{(I)}$$

Para operar com a **mesma potência** na tensão U' igual a 110 V, o aquecedor deverá ter uma resistência R' tal que:

$$\text{Pot} = \frac{U'^2}{R'} = \frac{110 \cdot 110}{R'} \qquad \text{(II)}$$

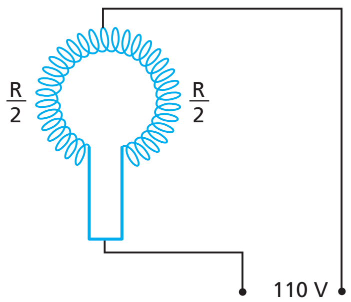
Igualando as expressões (1) e (2), temos:

$$\frac{110 \cdot 110}{R'} = \frac{220 \cdot 220}{R} \Rightarrow \frac{1 \cdot 1}{R'} = \frac{2 \cdot 2}{R} \Rightarrow R' = \frac{R}{4}$$

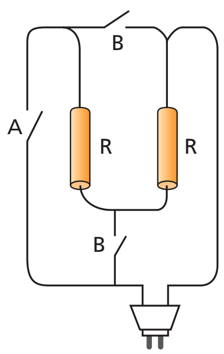
Portanto devemos fazer com que a resistência do resistor passe a ser um quarto da resistência original.

Note que, sendo **R** a resistência total do resistor, cada uma de suas metades tem resistência $\frac{R}{2}$. Se colocarmos $\frac{R}{2}$ em paralelo com $\frac{R}{2}$, obteremos $\frac{R}{4}$, que é a resistência desejada.

Uma maneira de se conseguir isso é a que está representada na próxima figura, em que os fios de ligação têm resistência desprezível:



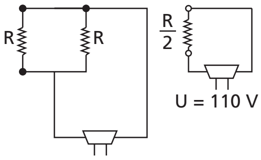
34 (Fuvest-SP) Um aquecedor elétrico é formado por duas resistências elétricas **R** iguais. Nesse aparelho, é possível escolher entre operar em redes de 110 V (chaves **B** fechadas e chave **A** aberta) ou redes de 220 V (chave **A** fechada e chaves **B** abertas). Chamando as potências dissipadas por esse aquecedor de P(220) e P(110), quando operando, respectivamente, em 220 V e 110 V, verifica-se que as potências dissipadas são tais que:



a) $P(220) = \frac{1}{2}\, P(110)$
b) $P(220) = P(110)$
c) $P(220) = \frac{3}{2}\, P(110)$
d) $P(220) = 2\, P(110)$
e) $P(220) = 4\, P(110)$

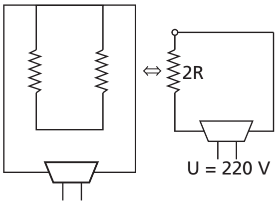
Resolução:

Cálculo de P (110):



$$P\,(110) = \frac{U^2}{R_{eq}} = \frac{110^2}{\frac{R}{2}} = \frac{2 \cdot 110 \cdot 110}{R}$$

Cálculo de P (220):

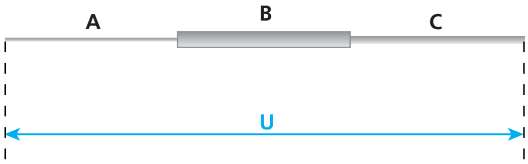


$$P\,(220) = \frac{U^2}{R_{eq}} = \frac{220 \cdot 220}{2R}$$

$$\frac{P\,(220)}{P\,(110)} = \frac{220 \cdot 220}{2R} \cdot \frac{R}{2 \cdot 110 \cdot 110} = 1 \Rightarrow \boxed{P\,(220) = P\,(110)}$$

Resposta: b

35 Três pedaços de fio de nicromo (**A**, **B** e **C**), que diferem **apenas** quanto à área da seção transversal – **A** é o mais fino e **B** é o mais grosso –, são ligados em série e os terminais do conjunto são submetidos a uma tensão **U**:



Qual desses fios dissipa a maior potência? E a menor?

Resolução:

A intensidade **i** da corrente elétrica é igual em todos os pedaços:

$Pot = R\,i^2$: $R_{maior} \Rightarrow Pot_{maior}$

$R_{menor} \Rightarrow Pot_{menor}$

$R = \frac{\rho \ell}{A}$: $R_{maior} \Rightarrow A_{menor} \Rightarrow$ **Pedaço A**

$R_{menor} \Rightarrow A_{maior} \Rightarrow$ **Pedaço B**

Resposta: A e **B**, respectivamente.

36 Em duas lâmpadas de incandescência **A** e **B** encontramos, respectivamente, as seguintes inscrições: 60 W–115 V e 100 W–115 V. Essas lâmpadas são associadas em série e os terminais da associação são ligados a uma tomada de 115 V.

a) Qual delas iluminará melhor, comparativamente?
b) E se estivessem associadas em paralelo, qual iluminaria melhor?

Resolução:

Sendo $R = \frac{U^2}{Pot}$, concluímos que a lâmpada **A** tem resistência elétrica maior.

a) Quando são ligadas em série (mesmo **i**), a lâmpada **A** ilumina melhor ($Pot = R\,i^2$).
b) Quando são ligadas em paralelo (mesmo **U**), a lâmpada **B** ilumina melhor $\left(Pot = \frac{U^2}{R}\right)$. Nesse caso, operam de acordo com os valores nominais.

Respostas: a) lâmpada A; b) lâmpada B

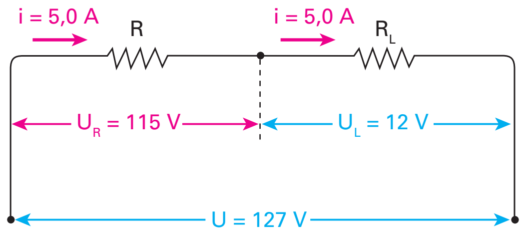
37 E.R. Em uma emergência, surgiu a necessidade de usar uma lâmpada, especificada por 60 W–12 V, em uma tomada de 127 V. Para não queimar a lâmpada, associou-se a ela um resistor de potência adequada, e os terminais dessa associação foram ligados em 127 V. Calcule a resistência **R** desse resistor para que a lâmpada funcione conforme suas especificações. Ignore a influência da temperatura na resistividade.

Resolução:

Para a lâmpada temos: $Pot_L = 60$ W e $U_L = 12$ V. Vamos, então, calcular a intensidade **i** da corrente na lâmpada:

$$Pot_L = U_L\,i \Rightarrow 60 = 12\,i \Rightarrow i = 5{,}0\ A$$

O resistor pedido precisa estar **em série** com a lâmpada, para termos a seguinte situação, em que $U_R + U_L$ é igual a 127 V:



Note que: 115 V + 12 V = 127 V

Então:

$$U_R = R\,i \Rightarrow 115 = R \cdot 5{,}0 \Rightarrow \boxed{R = 23\ \Omega}$$

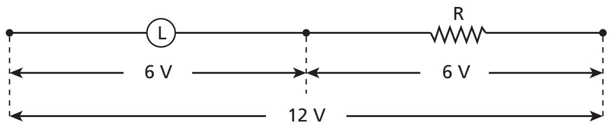
38 (Efoa-MG) A corrente que passa por um certo tipo de lâmpada de lanterna, fabricada para funcionar corretamente com 6,0 volts, é igual a 50 mA. Se quisermos ligá-la a uma bateria de 12 volts, será preciso se lhe associar em série um resistor conveniente, para que a lâmpada funcione corretamente, com seu brilho normal. Nessas condições, determine:

a) o valor da resistência desse resistor;
b) a potência dissipada por esse resistor.

Resolução:

a) $U = 6$ V $i = 50$ mA $= 5 \cdot 10^{-2}$ A

$U = R_L\,i \Rightarrow 6 = R_L \cdot 5 \cdot 10^{-2} \Rightarrow R_L = 120\ \Omega$

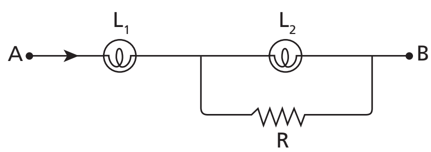


$\boxed{R = 120\ \Omega}$

b) $Pot = \frac{U^2}{R} = \frac{6^2}{120} \Rightarrow \boxed{Pot = 0{,}3\ W}$

Respostas: a) 120 Ω; b) 0,3 W.

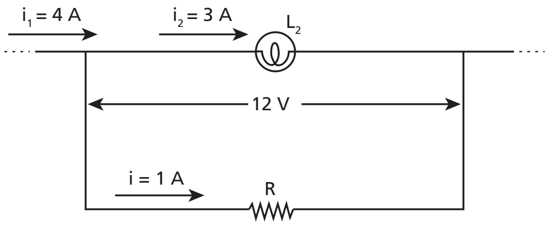
39 (Mack-SP) No trecho de circuito a seguir, L_1 e L_2 são lâmpadas de valores nominais (80 W, 20 V e 36 W, 12 V, respectivamente).



Determine o valor da resistência **R** que faz L_2 ter brilho normal. Suponha L_1 operando conforme suas especificações.

Resolução:

$$i = \frac{Pot}{U}\begin{cases} E_m\ L_1 : i_1 = \frac{80}{20} \Rightarrow i_1 = 4\ A \\ E_m\ L_2 : i_2 = \frac{36}{12} \Rightarrow i_2 = 3\ A \end{cases}$$

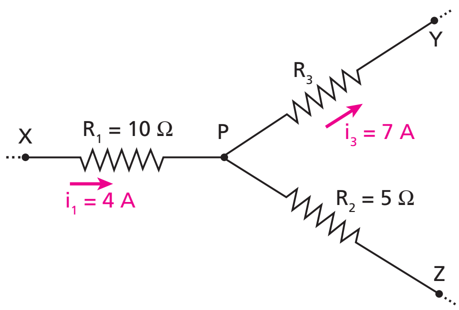


As tensões em L_2 e em **R** são iguais. Assim:

$R\,i = 12 \Rightarrow R\,1 = 12 \Rightarrow R = 12\ \Omega$

Resposta: 12 Ω

40 E.R. No trecho de circuito esquematizado a seguir, determine a diferença de potencial U_{XZ} entre os pontos **X** e **Z** ($U_{XZ} = \nu_X - \nu_Z$):



Resolução:

É necessário lembrar que a corrente em um resistor tem sentido **do potencial maior para o menor**. Assim, o potencial ν_X é maior que o potencial ν_P:

$$U_{XP} = R_1\, i_1 = 10 \cdot 4 \Rightarrow U_{XP} = 40\ V$$
$$\nu_X - \nu_P = 40\ V \quad \text{(I)}$$

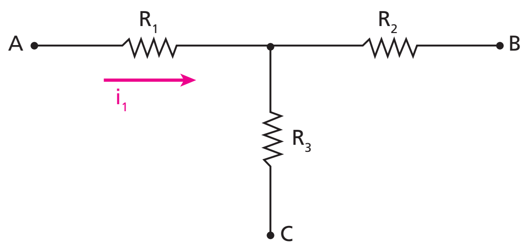
Observe que a corrente em R_2 tem intensidade $i_2 = 3$ A e sentido de **Z** para **P**. Portanto ν_Z é maior que ν_P:

$$U_{ZP} = R_2\, i_2 = 5 \cdot 3 \Rightarrow U_{ZP} = 15\ V$$
$$\nu_Z - \nu_P = 15\ V \quad \text{(II)}$$

Subtraindo membro a membro a expressão (II) da expressão (I), temos:

$$\nu_X - \nu_Z = 25\ V \Rightarrow \boxed{U_{XZ} = 25\ V}$$

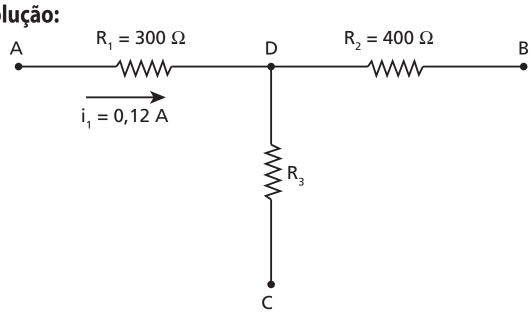
41 (Cesgranrio-RJ)



O esquema anterior representa o trecho de um circuito elétrico. A seu respeito sabe-se que: $R_1 = 300\ \Omega$, $R_2 = 400\ \Omega$, $i_1 = 0{,}12$ A, e que a ddp entre **A** e **B** é nula. Assim, a intensidade da corrente elétrica que percorre R_3 vale, em ampères:

a) zero.
b) 0,03.
c) 0,04.
d) 0,21.
e) 0,28.

Resolução:



$U_{AB} = 0 \Rightarrow \nu_A = \nu_B$

$U_{AD} = R_1\, i_1 = 300 \cdot 0{,}12 \Rightarrow U_{AD} = 36\ V$

$\nu_A - \nu_D = 36\ V$

Como $\nu_A = \nu_B$, temos:

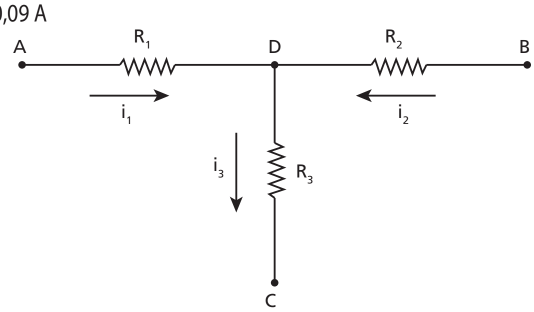
$\nu_B - \nu_D = 36\ V$

Então, como ν_B é maior que ν_D, o sentido da corrente em R_2 é de **B** para **D**:

$U_{BD} = R_2\, i_2$

$36 = 400\, i_2$

$i_2 = 0{,}09\ A$

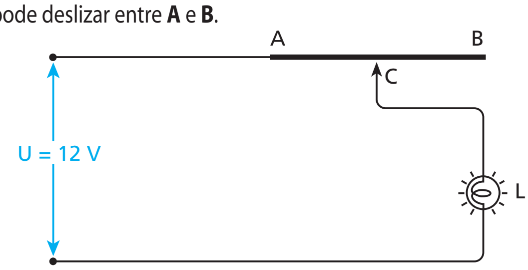


Portanto:

$i_3 = i_1 + i_2 = 0{,}12 + 0{,}09 \Rightarrow i_3 = 0{,}21\ A$

Resposta: d

42 E.R. Na figura, AB é um fio de nicromo de resistência total igual a 10 Ω e 20 cm de comprimento, e **L** é uma lâmpada especificada por: 27 W–9 V. Os demais fios de ligação são de cobre. O cursor **C** pode deslizar entre **A** e **B**.



a) O que acontece com o brilho da lâmpada quando o cursor **C** é deslocado no sentido de **A** para **B**?
b) Qual deve ser a distância do ponto **A** ao cursor **C** para que a lâmpada funcione de acordo com suas especificações?

Resolução:

a) A resistência do trecho AC (R_{AC}) e a resistência da lâmpada (R_L) estão em série. Então, podemos escrever:

$$U = (R_{AC} + R_L)i \Rightarrow i = \frac{U}{R_{AC} + R_L}$$

Quando o cursor é deslocado no sentido de **A** para **B**, o comprimento AC aumenta. Como a resistência R_{AC} é proporcional a esse comprimento $\left(R = \frac{\rho \ell}{A}\right)$, ela também aumenta. Assim **i** diminui, o mesmo ocorrendo com o brilho da lâmpada.

b) A lâmpada é especificada por $Pot_L = 27$ W e $U_L = 9$ V.
Portanto:

$$Pot_L = U_L\, i \Rightarrow 27 = 9 \cdot i \Rightarrow i = 3\text{ A}$$

$$U_L = R_L\, i \Rightarrow 9 = R_L \cdot 3 \Rightarrow R_L = 3\,\Omega$$

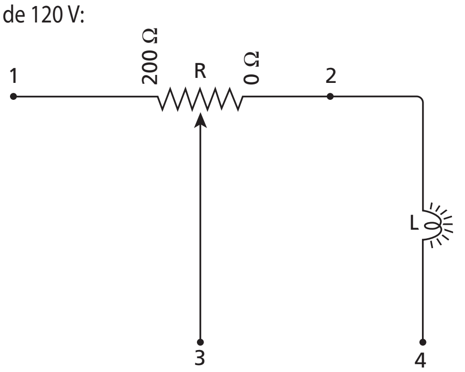
Então:

$$U = (R_{AC} + R_L)\, i \Rightarrow 12 = (R_{AC} + 3) \cdot 3 \Rightarrow R_{AC} = 1\,\Omega$$

Como a resistência elétrica do fio é proporcional ao seu comprimento:

$$\frac{R_{AB}}{AB} = \frac{R_{AC}}{AC} \Rightarrow \frac{10\,\Omega}{20\text{ cm}} = \frac{1\,\Omega}{AC} \Rightarrow \boxed{\overline{AC} = 2\text{ cm}}$$

43 (Esal-MG) Na figura, **R** representa um reostato de 200 Ω e **L**, uma lâmpada de 80 V–40 W. Entre os pontos 3 e 4 do circuito aplica-se uma ddp de 120 V:

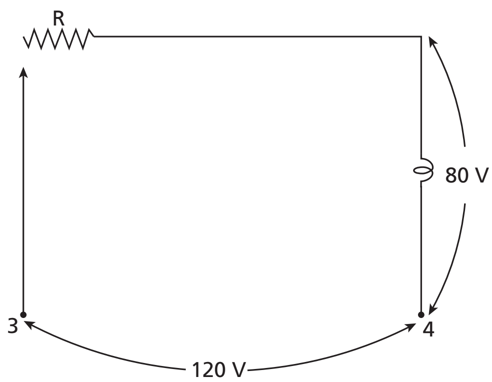


a) Qual a resistência do filamento da lâmpada?
b) Qual a posição do cursor do reostato para que a lâmpada acenda normalmente (conforme especificação)?
c) O que acontece com o brilho da lâmpada quando deslocamos o cursor do reostato para a esquerda?

Resolução:

a) $R = \frac{U^2}{Pot} = \frac{80^2}{40} \Rightarrow \boxed{R = 160\,\Omega}$

b)



Na lâmpada: $i = \frac{Pot}{U} = \frac{40}{80} \Rightarrow i = 0{,}5$ A

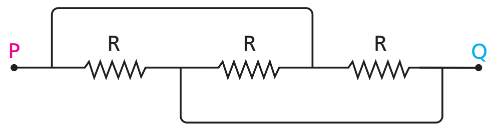
Em R: $U = R\, i \Rightarrow 120 - 80 = R \cdot 0{,}5 \Rightarrow \boxed{R = 80\,\Omega}$

c) Aumentando a resistência equivalente do circuito, diminui a intensidade da corrente e, consequentemente, o brilho da lâmpada.

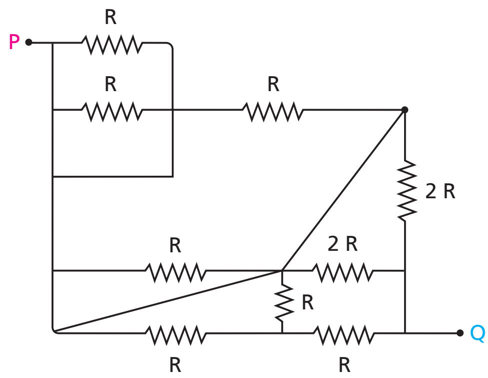
Respostas: a) 160 Ω; b) 80 Ω; c) diminui

44 E.R. Determine a resistência equivalente entre os pontos **P** e **Q** nos seguintes casos:

a)

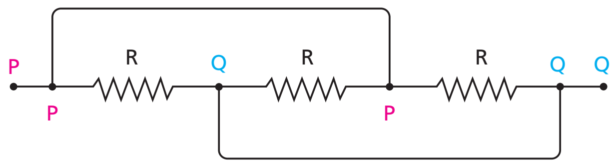


b)

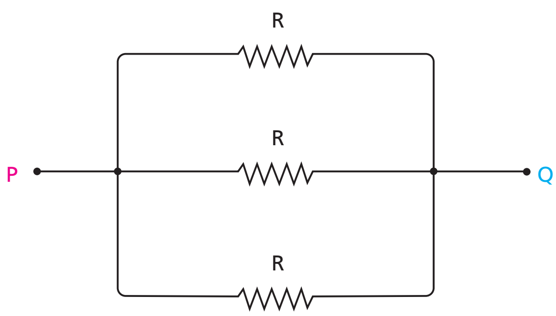


Resolução:

a) Os pontos do circuito onde três ou mais terminais estão juntos denominam-se **nós**. Os nós localizados nas extremidades de um fio ideal estão no mesmo potencial. Por isso, podemos identificá-los com uma mesma letra:



Em seguida, posicionamos todos os nós eletricamente diferentes em diferentes pontos do papel e remontamos o circuito:



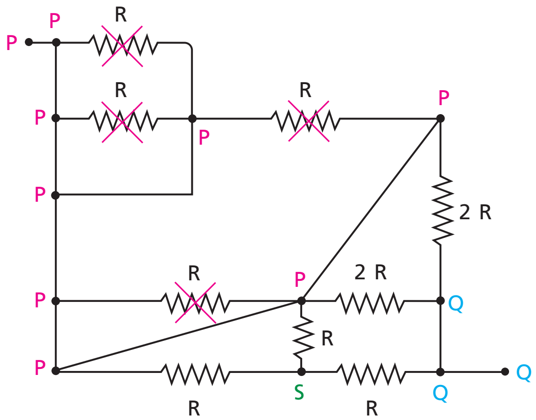
Concluímos, assim, que os três resistores estão associados em paralelo. Portanto:

$$\boxed{R_{eq} = \frac{R}{3}}$$

Nota:

- No circuito original, todos os nós devem ser identificados com uma letra, lembrando sempre que a letra é a mesma naqueles que estão interligados por um fio ideal. Em seguida, re-estruturamos o circuito, marcando no papel todos os nós eletricamente distintos, mantendo os **mesmos terminais** do circuito original.

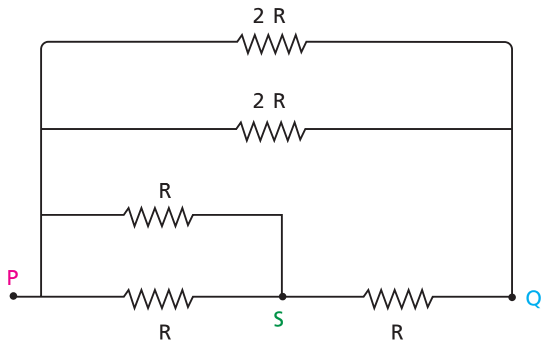
b) Repetindo o procedimento anterior, temos:



Note que o nó identificado pela letra **S** está em um potencial diferente dos potenciais dos nós **P** e **Q**, porque nenhum fio ideal liga **S** a **P** ou a **Q**.

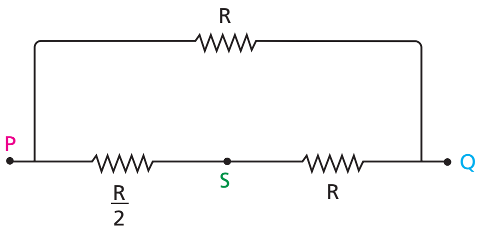
Os resistores que têm a mesma letra nos dois terminais devem ser retirados da associação: eles não "funcionam" porque não se submetem a uma diferença de potencial.

Remontando o circuito, vem:



Temos 2 R em paralelo com 2 R, o que equivale a **R**, e **R** em paralelo com **R**, o que equivale a $\frac{R}{2}$.

Então:



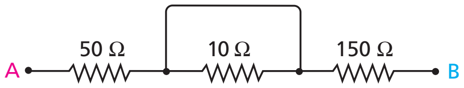
Agora temos $\frac{R}{2}$ em série com **R**, o que equivale a $\frac{3R}{2}$.

Finalmente, temos $\frac{3R}{2}$ em paralelo com **R**:

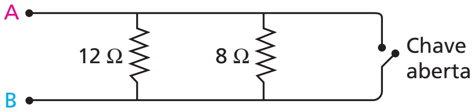
$$R_{eq} = \frac{\frac{3R}{2} \cdot R}{\frac{3R}{2} + R} \Rightarrow \boxed{R_{eq} = \frac{3R}{5}}$$

45 Nos esquemas a seguir, calcule a resistência equivalente entre os pontos **A** e **B**:

a)



b)



c) Mesmo esquema do item **b**, com a chave fechada.

Resolução:

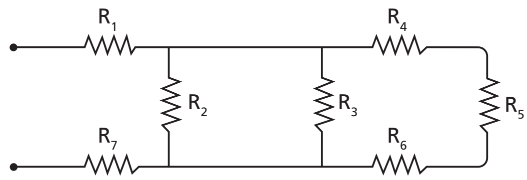
a) $R_{AB} = 50 + 150 \Rightarrow \boxed{R_{AB} = 200\ \Omega}$

b) $R_{AB} = \frac{12 \cdot 8}{12 + 8} \Rightarrow \boxed{R_{AB} = 4{,}8\ \Omega}$

c) $\boxed{R_{AB} = 0}$

Respostas: a) 200 Ω; b) 4,8 Ω; c) Zero

46 Com relação à associação de resistores esquematizada na figura, indique a alternativa correta:



a) R_1 e R_4 estão em série.
b) R_1 e R_7 estão em paralelo.
c) R_2, R_3 e R_5 estão em paralelo.
d) R_2 e R_3 estão em paralelo.
e) R_4, R_5 e R_6 não estão em série.

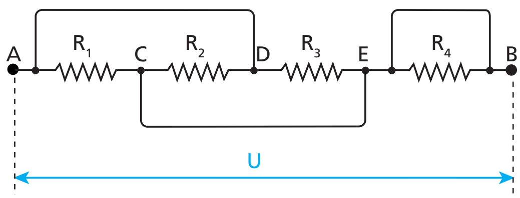
Resolução:

Insistir nos critérios de decisão e na marcação de pontos:

- Os resistores só estarão em **série** se a intensidade de corrente elétrica for necessariamente a mesma em todos eles.
- Os resistores só estarão em **paralelo** se a diferença de potencial for necessariamente a mesma em todos eles.

Resposta: d

47 Entre os terminais **A** e **B** do circuito esquematizado a seguir há uma diferença de potencial constante e igual a **U**:



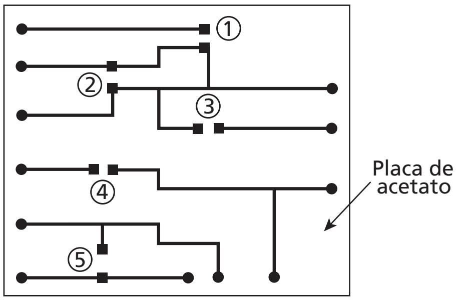
Indique a alternativa correta:

a) Uma parte da corrente total passa por R_4.
b) Não passa corrente em R_1 e em R_2, porque não há diferença de potencial entre **A** e **D**.
c) Não passa corrente em R_2 e em R_3, porque não há diferença de potencial entre **C** e **E**.
d) Entre **A** e **C**, **C** e **D** e **D** e **E**, a diferença de potencial é diferente de zero.
e) R_1, R_2 e R_3 estão associados em série.

Resolução:
Observar que:
- não há corrente em R_4, porque é nula a diferença de potencial entre seus terminais (curto-circuito);
- há corrente em R_1 e em R_2, porque a ddp é nula entre **A** e **D**, mas não é entre **A** e **C** e entre **C** e **D**. Também há corrente em R_3.

Resposta: d

48 (Cesgranrio-RJ)



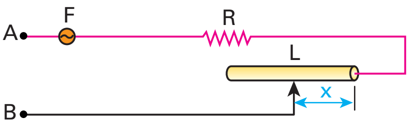
Um aprendiz de eletrônica construiu o circuito esquematizado na figura, onde as partes escuras (linhas, quadrados e pequenos círculos) representam o material condutor depositado sobre uma placa retangular de acetato. Os cinco pares de quadrados numerados indicam pontos entre os quais deverão ser instalados interruptores no circuito. Qual desses interruptores será completamente inútil, independentemente das ligações a serem feitas nos terminais do circuito (pequenos círculos escuros)?

a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5

Resolução:
Note que o interruptor 2 conectaria condutores que já estão curto-circuitados.

Resposta: b

49 No circuito representado na figura, **F** é um fusível que suporta no máximo 5 A, **R** é um resistor de resistência igual a 10 Ω e **L** é um cilindro feito de um material de resistividade igual a $5 \cdot 10^{-5}\ \Omega$ m, com 2 mm² de área de seção transversal, que funciona como um reostato.



Determine o menor valor possível de **x**, para que o fusível não se queime, quando se aplica aos terminais **A** e **B** uma tensão de 100 V.

Resolução:
Notemos que a resistência **R** e a resistência que denominaremos **R'** do reostato estão em série. Assim, aplicando-se a Primeira Lei de Ohm, temos: $U = (R + R')\,i$

Mas U = 100 V, i = 5 A, R = 10 Ω e R' é dada pela Segunda Lei de Ohm

$\left(R' = \rho\,\dfrac{\ell}{A}\right)$ em que:

$\rho = 5 \cdot 10^{-5}\ \Omega\,\text{m}$

$A = 2\ \text{mm}^2 = 2 \cdot 10^{-6}\ \text{m}^2$

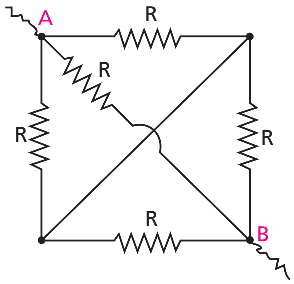
$\ell = x$

Então: $100 = \left(10 + 5 \cdot 10^{-5}\,\dfrac{x}{2 \cdot 10^{-6}}\right) \cdot 5$

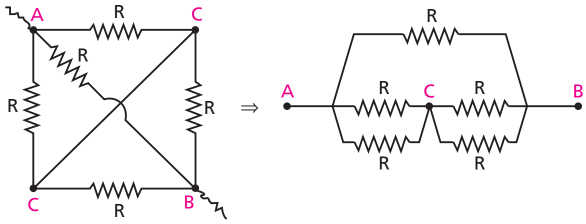
$20 = 10 + 25x \Rightarrow \boxed{x = 0{,}4\ \text{m}}$

Resposta: 0,4 m

50 Determine a resistência equivalente entre **A** e **B**, sabendo que todos os resistores têm resistência **R**.



Resolução:

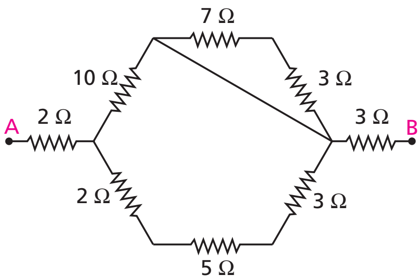


$$R_{AB} = \frac{R}{2}$$

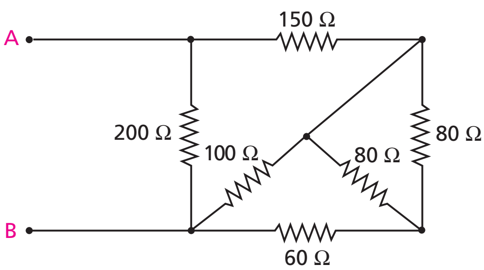
Resposta: $\dfrac{R}{2}$

51 Nos circuitos esquematizados a seguir, calcule a resistência equivalente entre os pontos **A** e **B**:

a)



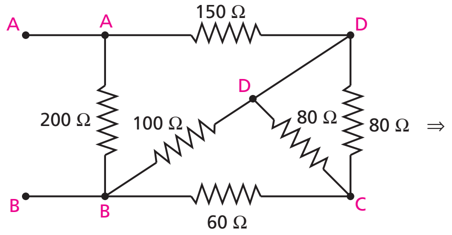
b)

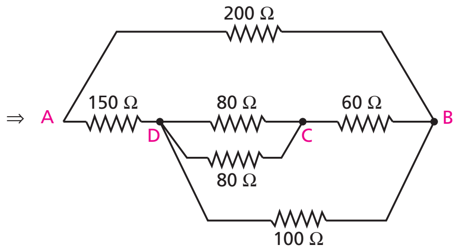


Resolução:

a) • 2 Ω, 5 Ω e 3 Ω em série ⇒ 10 Ω
 • 7 Ω e 3 Ω em série e curto-circuitados ⇒ **eliminados**
 • 10 Ω e 10 Ω em paralelo ⇒ 5 Ω
 • 2 Ω, 5 Ω e 3 Ω em série ⇒ $\boxed{R_{AB} = 10\ \Omega}$

b)

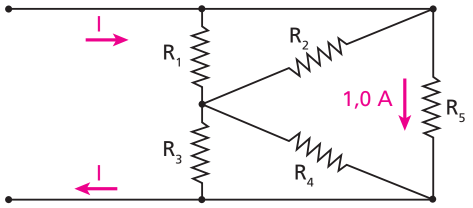




- 80 Ω em paralelo com 80 Ω ⇒ 40 Ω
- 40 Ω em série com 60 Ω ⇒ 100 Ω
- 100 Ω em paralelo com 100 Ω ⇒ 50 Ω
- 150 Ω em série com 50 Ω ⇒ 200 Ω
- 200 Ω em paralelo com 200 Ω ⇒ $\boxed{R_{AB} = 100\ \Omega}$

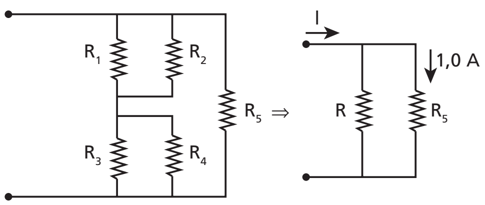
Respostas: a) 10 Ω; b) 100 Ω

52 No circuito elétrico representado a seguir, os cinco resistores apresentam a mesma resistência elétrica **R**. Quando, pelo resistor R_5, passar uma corrente elétrica de intensidade igual a 1,0 ampère, qual será o valor da corrente **I**, em ampères?



Resolução:

Redesenhando o circuito, temos:

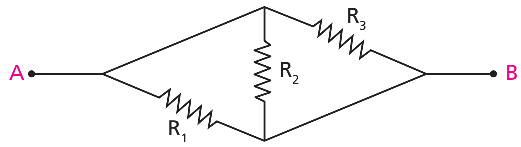


Como as resistências são iguais, associando R_1, R_2, R_3 e R_4, encontramos **R**, que é igual a R_5. Assim:

I = 2,0 A

Resposta: 2,0 A

53 (UFPI) No circuito abaixo $R_1 = \frac{1}{2} R_2 = 2R_3 = 20$ ohms e $i_1 + i_2 + i_3 = 21$ A, em que i_1, i_2 e i_3 são as correntes que passam pelas resistências R_1, R_2 e R_3, respectivamente.

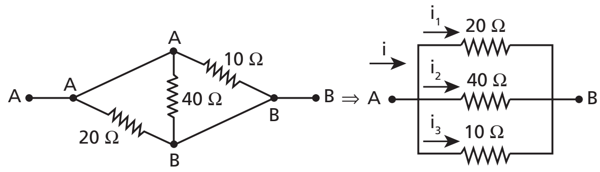


A diferença de potencial V_{AB} vale:

a) 50 V. b) 60 V. c) 80 V. d) 100 V. e) 120 V.

Resolução:

$R_1 = 20\ \Omega$ $R_2 = 40\ \Omega$ $R_3 = 10\ \Omega$



$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{40} + \frac{1}{10} \Rightarrow R_{eq} = \frac{40}{7}\ \Omega$$

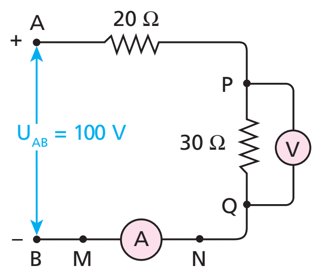
$$i = i_1 + i_2 + i_3 = 21\ \text{A}$$

$$U_{AB} = R_{eq}\, i = \frac{40}{7}\ 21 \Rightarrow U_{AB} = 120\ \text{V}$$

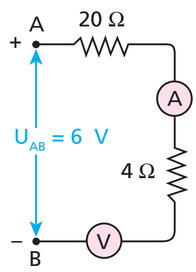
Resposta: e

54 E.R. Nos circuitos a seguir, determine as indicações fornecidas pelos medidores, supostos ideais:

a)

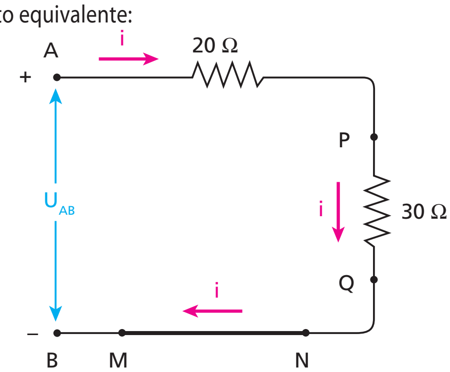


b)



Resolução:

a) Sendo o amperímetro ideal, sua resistência interna é nula. Assim, o amperímetro estabelece um curto-circuito entre os pontos **M** e **N**. O voltímetro, sendo ideal, tem resistência interna infinita e, por isso, nenhuma corrente passa por ele, comportando-se como um ramo aberto do circuito. Temos, então, o seguinte circuito equivalente:



Como $U_{AB} = R_{AB}$ i: $100 = 50\,i \Rightarrow i = 2$ A

$\boxed{\text{O amperímetro indica a intensidade da corrente que o atravessa, ou seja, 2 A.}}$

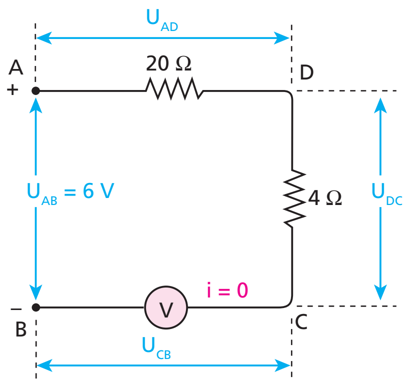
O voltímetro mede a diferença de potencial entre os pontos **P** e **Q**, que vale:

$$U_{PQ} = R_{PQ}\,i = 30 \cdot 2 \Rightarrow U_{PQ} = 60\text{ V}$$

$\boxed{\text{O voltímetro indica 60 V.}}$

b) Nesse caso, tanto o voltímetro como o amperímetro foram ligados em série no circuito. Então, por ser infinita a resistência do voltímetro ideal, não há corrente no circuito: o circuito está aberto. Então:

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



Sendo nula a corrente, temos:

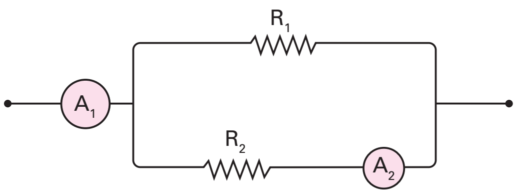
$$U_{AD} = 20\,i = 0$$
e
$$U_{DC} = 4\,i = 0$$

Como $U_{AB} = U_{AD} + U_{DC} + U_{CB}$:

$$6 = 0 + 0 + U_{CB} \Rightarrow U_{CB} = 6\text{ V}$$

$\boxed{\text{O voltímetro indica } U_{CB}\text{, ou seja, 6 V.}}$

55 No esquema representado na figura, os amperímetros ideais A_1 e A_2 registram, respectivamente, 10 A e 4 A:



Sendo $R_2 = 6\ \Omega$, calcule R_1.

Resolução:

Em R_2, temos:

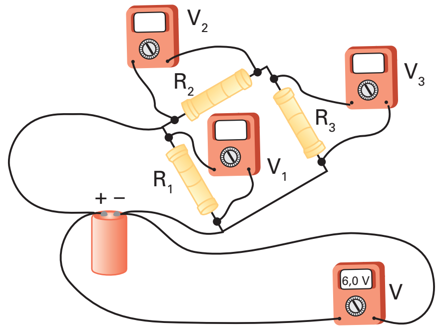
$U = R_2\,i_2 = 6 \cdot 4 \Rightarrow U = 24$ V

Em R_1, temos:

$U = R_1\,i_1 \Rightarrow 24 = R_1 \cdot 6 \Rightarrow \boxed{R_1 = 4\ \Omega}$

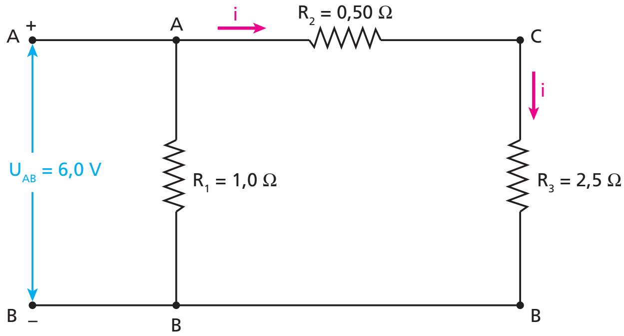
Resposta: 4 Ω

56 No circuito representado na figura, os voltímetros **V**, V_1, V_2 e V_3 são digitais e considerados ideais.



Sabendo que o voltímetro **V** indica 6,0 V e que as resistências R_1, R_2 e R_3 dos três resistores são respectivamente iguais a 1 Ω, 0,5 Ω e 2,5 Ω, determine as indicações dos voltímetros V_1, V_2 e V_3.

Resolução:



• Indicação de V_1: $\boxed{U_{AB} = 6{,}0\text{ V}}$

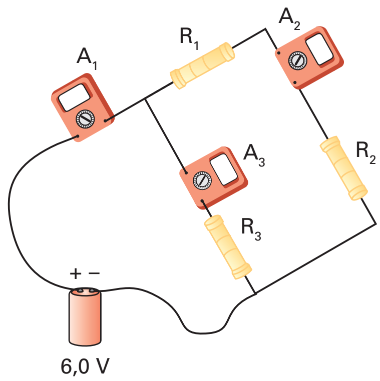
• Cálculo de i: $U_{AB} = (R_2 + R_3)\,i \Rightarrow 6{,}0 = 3{,}0\,i \Rightarrow i = 2{,}0$ A

• Indicação de V_2: $U_{AC} = R_2\,i = 0{,}50 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{U_{AC} = 1{,}0\text{ V}}$

• Indicação de V_3: $U_{CB} = R_3\,i = 2{,}5 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{U_{CB} = 5{,}0\text{ V}}$

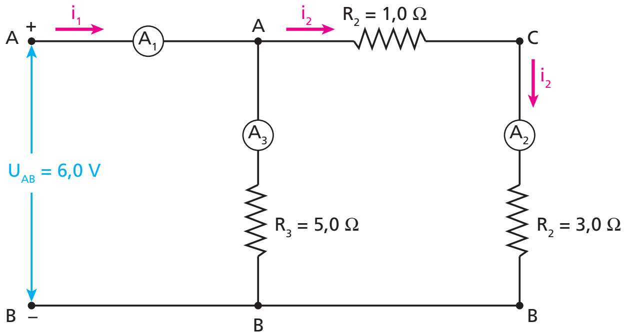
Respostas: V_1: 6,0 V; V_2: 1,0 V; V_3: 5,0 V

57 Uma bateria fornece uma ddp de 6,0 V à associação de resistores representada na figura.



Os amperímetros A_1, A_2 e A_3 são digitais e supostos ideais. Determine suas indicações, sabendo que $R_1 = 1\ \Omega$, $R_2 = 3\ \Omega$ e $R_3 = 5\ \Omega$.

Resolução:



• Em R_3: $U_{AB} = R_3\, i_3 \Rightarrow 6,0 = 5,0\, i_3 \Rightarrow \boxed{i_3 = 1,2\text{ A}}$ (indicação de A_3)

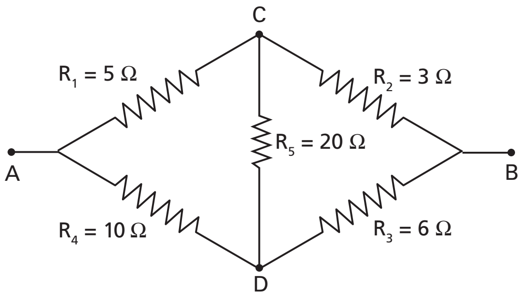
• No ramo ACB : $U_{AB} = (R_1 + R_2)i_2 \Rightarrow 6,0 = 4,0\, i_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{i_2 = 1,5\text{ A}}$ (indicação de A_2)

• $i_1 = i_2 + i_3 = 1,5 + 1,2 \Rightarrow \boxed{i_1 = 2,7\text{ A}}$ (indicação de A_1)

Respostas: $A_1 = 2,7$ A; $A_2 = 1,5$ A; $A_3 = 1,2$ A

58 E.R. Na associação de resistores dada a seguir, calcule a resistência elétrica equivalente entre os pontos **A** e **B**:

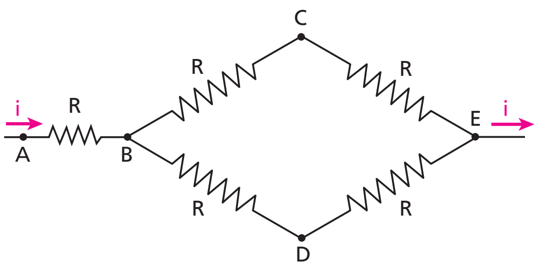


Resolução:
Como $R_1\, R_3 = R_2\, R_4$, concluímos que R_1, R_2, R_3 e R_4 constituem uma ponte de Wheatstone equilibrada. Logo, não há diferença de potencial entre os pontos **C** e **D** e não há corrente elétrica em R_5. Assim, R_5 pode ser eliminada da montagem. Diante disso, temos:
R_1 em série com $R_2 \Rightarrow R_{1,2} = R_1 + R_2 \Rightarrow R_{1,2} = 8\ \Omega$
R_4 em série com $R_3 \Rightarrow R_{4,3} = R_4 + R_3 \Rightarrow R_{4,3} = 16\ \Omega$
As resistências $R_{1,2}$ e $R_{4,3}$ estão em paralelo:

$$R_{AB} = \frac{R_{1,2}\, R_{4,3}}{R_{1,2} + R_{4,3}} = \frac{8 \cdot 16}{8 + 16}$$

$$\boxed{R_{AB} \simeq 5,3\ \Omega}$$

59 Os cinco resistores representados na figura têm a mesma resistência elétrica **R**:

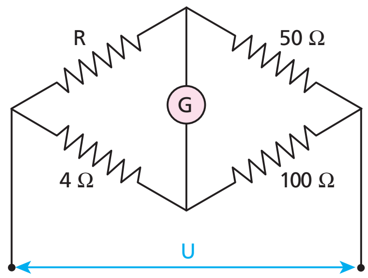


Estando com os pés sobre um piso isolante, vamos segurar um dos pontos (**A**, **B**, **C**, **D** ou **E**) com uma mão e outro ponto com a outra mão. Em que par de pontos certamente não há perigo de "choque"?

Resolução:
Observar que o trecho B – C – E – D é uma ponte de Wheatstone equilibrada. Assim, é nula a ddp entre os pontos **C** e **D**.

Resposta: C e D.

60 No circuito esquematizado abaixo, calcule a resistência **R**, sabendo que é nula a corrente indicada no galvanômetro **G**:



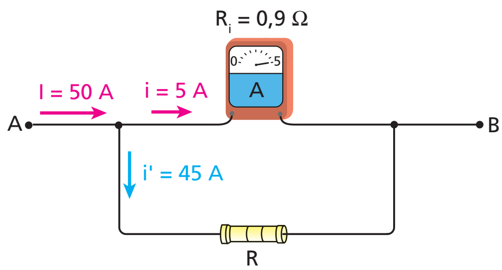
Resolução:

$100\, R = 4 \cdot 50 \Rightarrow \boxed{R = 2\ \Omega}$

Resposta: 2 Ω

61 E.R. Um técnico possui um amperímetro de 0,9 Ω de resistência interna e 5 A de fundo de escala. Então, esse amperímetro pode medir correntes de, no máximo, 5 A. Determine como um resistor deve ser associado a ele, bem como a resistência desse resistor, para que se torne capaz de medir intensidades de corrente de até 50 A.

Resolução:
Para que o fundo de escala desse medidor passe a valer 50 A, devemos associar a ele um resistor de resistência **R em paralelo**. Desse modo, quando uma corrente de 50 A atingir a associação, 5 A deverão passar pelo amperímetro original e 45 A pelo resistor associado a ele:



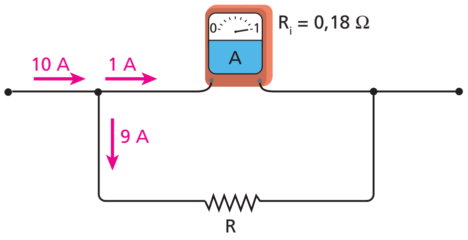
Note que **A** e **B** passam a ser os terminais do amperímetro com fundo de escala alterado para 50 A.
Como R_i e **R** estão em paralelo, temos:

$$R\, i' = R_i\, i \Rightarrow R \cdot 45 = 0,9 \cdot 5$$

$$\boxed{R = 0,1\ \Omega}$$

62 Um medidor de intensidade de corrente, cuja resistência interna vale 0,18 Ω, pode medir, no máximo, 1 A. Calcule a resistência do resistor que deve ser associado a esse medidor, para que ele se torne capaz de medir intensidades de corrente de até 10 A. Especifique como deve ser feita a associação do resistor com o medidor.

Resolução:

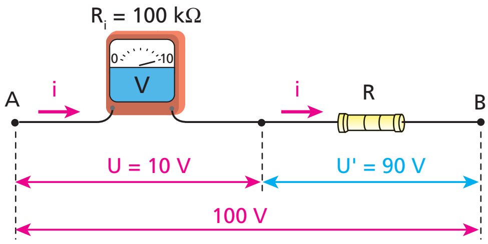


$R \cdot 9 = 0{,}18 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{R = 0{,}02\ \Omega}$

Resposta: 0,02 Ω , em paralelo com o medidor.

63 E.R. Um voltímetro de resistência interna igual a 100 kΩ tem fundo de escala de 10 V. Um resistor de resistência **R** deve ser associado a esse medidor, para que ele se torne capaz de medir até 100 V. Calcule **R** e diga como deve ser feita a associação.

Resolução:
Para que o fundo de escala desse medidor passe para 100 V, devemos associar a ele um resistor **em série**. Assim, quando aplicarmos 100 V entre os terminais da associação, devemos ter 10 V no voltímetro original e 90 V em **R**:



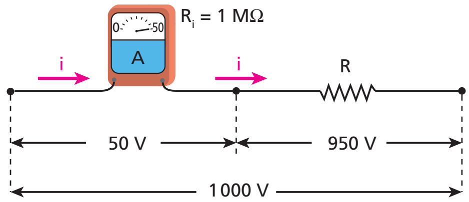
Note que **A** e **B** passam a ser os terminais do voltímetro com fundo de escala alterado para 100 V.
Como a intensidade **i** da corrente é igual em R_i e em **R**, temos:

$$\left.\begin{aligned} i &= \frac{U}{R_i} \\ i &= \frac{U'}{R} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{U'}{R} = \frac{U}{R_i} \Rightarrow \frac{90}{R} = \frac{10}{100}$$

$$\boxed{R = 900\ \text{k}\Omega}$$

64 O fundo de escala de um voltímetro de 1 MΩ de resistência interna é igual a 50 V. Determine a resistência do resistor que deve ser associado a ele, de modo que se torne capaz de medir tensões de até 1 000 V e especifique como deve ser feita a associação.

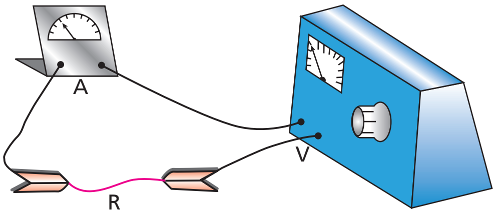
Resolução:



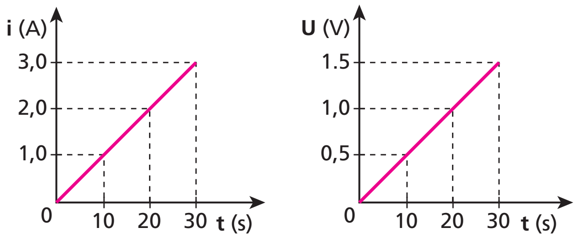
$\frac{50\ \text{V}}{1\ \text{M}\Omega} = \frac{950\ \text{V}}{R} \Rightarrow \boxed{R = 19\ \text{M}\Omega}$

Resposta: 19 MΩ, em série com o voltímetro.

65 (UFSCar-SP) O laboratório de controle de qualidade em uma fábrica para aquecedores de água foi incumbido de analisar o comportamento resistivo de um novo material. Esse material, já em forma de fio com seção transversal constante, foi conectado, por meio de fios de resistência desprezível, a um gerador de tensão contínua e a um amperímetro com resistência interna muito pequena, conforme o esquema.



Fazendo variar gradativamente e uniformemente a diferença de potencial aplicada aos terminais do fio resistivo, foram anotados simultaneamente os valores da tensão elétrica e da correspondente corrente elétrica gerada no fio. Os resultados desse monitoramento permitiram a construção dos gráficos que seguem.



Uma vez que a variação de temperatura foi irrelevante, pôde-se constatar que, para os intervalos considerados no experimento, o fio teve um comportamento ôhmico. Justifique essa conclusão e determine o valor da resistência elétrica, em Ω, do fio estudado.

Resolução:
• Dos gráficos dados, temos:

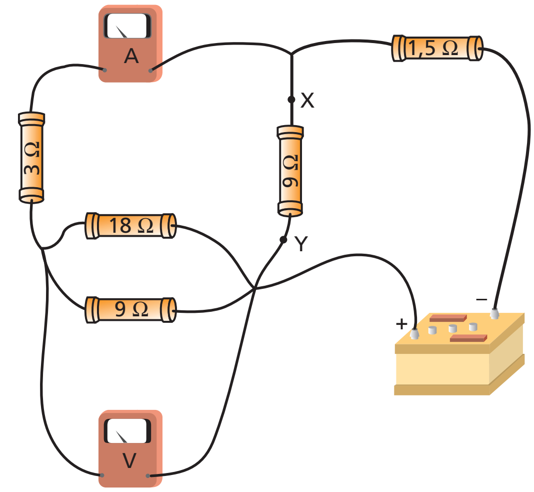
t (s)	U (V)	i (A)
0	0	0
10	0,5	1,0
20	1,0	2,0
30	1,5	3,0

Como $\frac{U}{i}$ é constante, o fio é um condutor ôhmico.

• $R = \frac{U}{i} = \frac{0{,}5}{1{,}0} \Rightarrow \boxed{R = 0{,}5\ \Omega}$

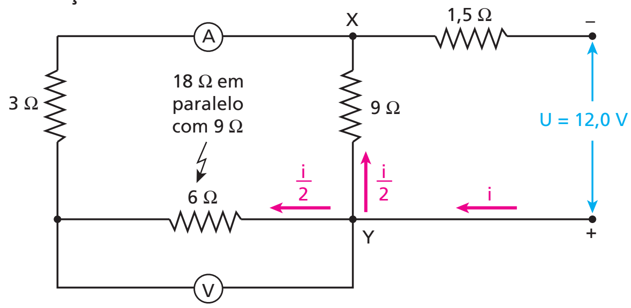
Respostas: U e **i** são proporcionais; 0,5 Ω

66 (UFBA) A figura abaixo representa um circuito elétrico constituído de um voltímetro (**V**) e um amperímetro (**A**) ideais, cinco resistores e uma bateria. A bateria fornece uma tensão de 12,0 V e o voltímetro registra 6,0 V.



a) Qual a leitura no amperímetro?
b) Qual a diferença de potencial no resistor de 1,5 Ω?
c) Qual a potência dissipada no resistor situado entre os pontos **X** e **Y**?

Resolução:



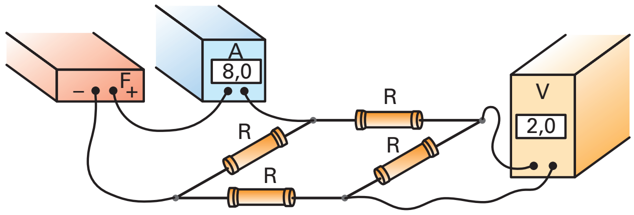
a) $U = R_{eq}\, i \Rightarrow 12 = (1{,}5 + 4{,}5)\, i \Rightarrow i = 2{,}0\ A \Rightarrow \boxed{\dfrac{i}{2} = 1{,}0\ A}$

b) $U = R\, i = 1{,}5 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{U = 3{,}0\ V}$

c) $Pot = R\left(\dfrac{i}{2}\right)^2 = 9 \cdot 1^2 \Rightarrow \boxed{Pot = 9{,}0\ W}$

Respostas: a) 1,0 A; b) 3,0 V; c) 9,0 W

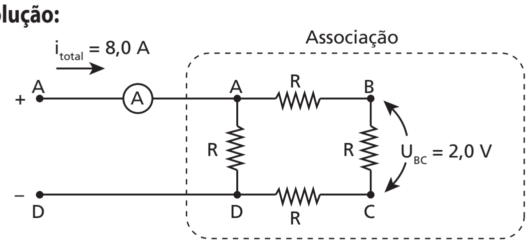
67 (Fuvest-SP) Considere a montagem abaixo, composta por 4 resistores iguais **R**, uma fonte de tensão **F**, um medidor de corrente **A**, um medidor de tensão **V** e fios de ligação. O medidor de corrente indica 8,0 A e o de tensão, 2,0 V.



Pode-se afirmar que a potência total dissipada nos 4 resistores é, aproximadamente, de:

a) 8 W. b) 16 W. c) 32 W. d) 48 W. e) 64 W.

Resolução:



Como as resistências entre **A** e **B**, **B** e **C**, **C** e **D** são iguais e, além disso, são percorridas pela mesma corrente, temos:

$U_{AB} = U_{BC} = U_{CD} = 2{,}0\ V$

Então:

$U_{AD} = 2{,}0\ V + 2{,}0\ V + 2{,}0\ V = 6{,}0\ V$

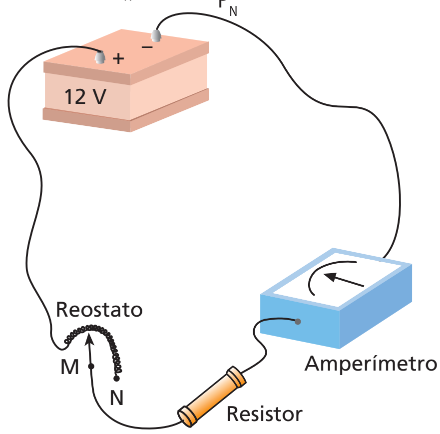
Assim, a potência total dissipada na associação é dada por:

$Pot_{total} = U_{AD}\, i_{total} = 6{,}0 \cdot 8{,}0$

$Pot_{total} = 48\ W$

Resposta: d

68 (Cesgranrio-RJ) No circuito representado, a resistência do amperímetro é desprezível e a diferença de potencial entre os terminais da bateria é 12 V. A resistência máxima do reostato é de 6,0 Ω. Quando o contato móvel encosta em **M** (reostato fora do circuito), o amperímetro indica 1,0 A. A potência dissipada no resistor é, então, P_M. Quando o contato móvel encosta em **N** (reostato todo no circuito), a potência dissipada no resistor é P_N. Calcule $\dfrac{P_M}{P_N}$.



Resolução:

Seja **R** a resistência elétrica do resistor.

Quando o cursor do reostato encontra-se em **M**, temos, para o circuito:

$\varepsilon = R_{eq}\, i \Rightarrow 12 = R \cdot 1{,}0 \Rightarrow R = 12\ \Omega$

A potência dissipada no resistor é dada por:

$P_M = R\, i^2 \Rightarrow P_M = 12 \cdot 1{,}0^2 \Rightarrow P_M = 12\ W$

Quando o cursor do reostato encontra-se em **N**, temos, para o circuito:

$\varepsilon = R'_{eq}\, i' \Rightarrow 12 = (12 + 6{,}0) \cdot i' \Rightarrow i' = \dfrac{2}{3}\ A$

A potência dissipada no resistor é dada por:

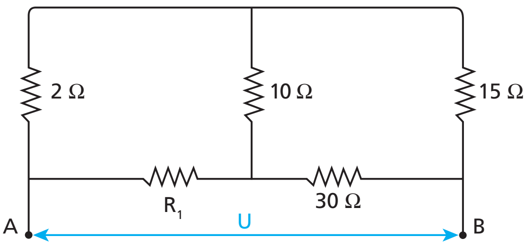
$P_N = R\, i'^2 \Rightarrow P_N = 12 \cdot \left(\dfrac{2}{3}\right)^2 \Rightarrow P_N = \dfrac{48}{9}\ W$

Então, podemos calcular a razão pedida:

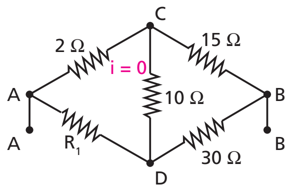
$\dfrac{P_M}{P_N} = \dfrac{12}{\dfrac{48}{9}} \Rightarrow \boxed{\dfrac{P_M}{P_N} = \dfrac{9}{4}}$

Resposta: $\dfrac{9}{4}$

69 No circuito representado a seguir, calcule R_1 para que a potência dissipada no resistor de 10 Ω seja nula.



Resolução:

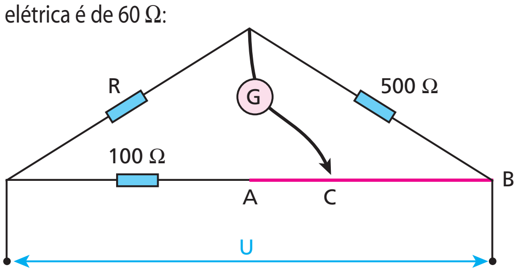


$2 \cdot 30 = 15\, R_1$

$\boxed{R_1 = 4\ \Omega}$

Resposta: 4 Ω

70 Na ponte esquematizada na figura, AB é um fio homogêneo de seção transversal uniforme. Seu comprimento é de 120 cm e sua resistência elétrica é de 60 Ω:



O equilíbrio da ponte é conseguido quando o cursor **C** encontra-se a 20 cm de **A**. Calcule a resistência **R**.

Resolução:

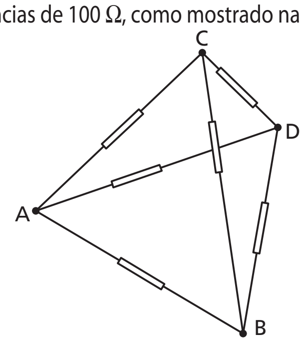
$$\left.\begin{matrix} 120\text{ cm} \longrightarrow 60\ \Omega \\ 20\text{ cm} \longrightarrow 10\ \Omega \end{matrix}\right. \Rightarrow \begin{cases} R_{AC} = 10\ \Omega \text{ e} \\ R_{CB} = 50\ \Omega \end{cases}$$

No equilíbrio:

$500\,(100 + 10) = R \cdot 50 \Rightarrow \boxed{R = 1{,}1\ k\Omega}$

Resposta: 1,1 kΩ

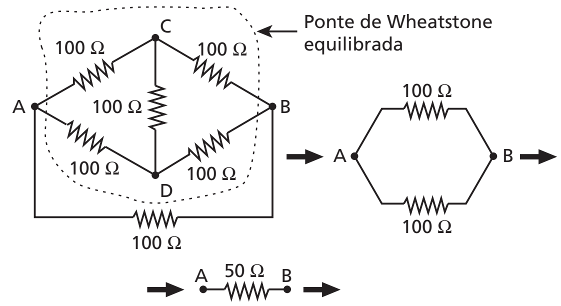
71 (ITA-SP) Considere um arranjo em forma de tetraedro construído com 6 resistências de 100 Ω, como mostrado na figura.



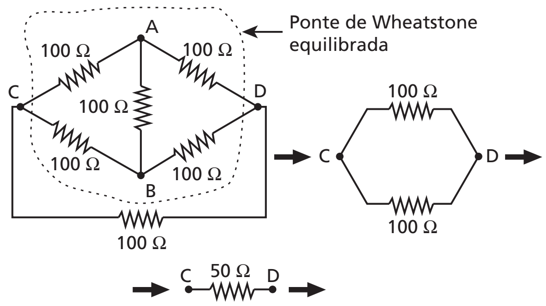
Pode-se afirmar que as resistências equivalentes R_{AB} e R_{CD} entre os vértices **A** e **B** e **C** e **D**, respectivamente, são:

a) $R_{AB} = R_{CD} = 33{,}3\ \Omega$.
b) $R_{AB} = R_{CD} = 50\ \Omega$.
c) $R_{AB} = R_{CD} = 66{,}7\ \Omega$.
d) $R_{AB} = R_{CD} = 83{,}3\ \Omega$.
e) $R_{AB} = 66{,}7\ \Omega$ e $R_{CD} = 83{,}3\ \Omega$.

Resolução:



$R_{AB} = 50\ \Omega$

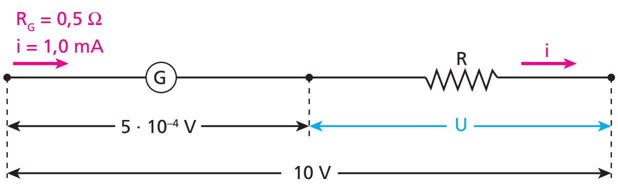


$R_{CD} = 50\ \Omega$

Resposta: b

72 (Vunesp-SP) A corrente que corresponde à deflexão máxima do ponteiro de um galvanômetro é de 1,0 mA e sua resistência, de 0,5 Ω. Qual deve ser o valor da resistência que precisa ser colocada nesse aparelho para que ele se transforme em um voltímetro apto a medir até 10 V? Como deve ser colocada essa resistência: em série ou em paralelo com o galvanômetro?

Resolução:



$U + 5 \cdot 10^{-4} = 10 \Rightarrow U \simeq 10 \Rightarrow R\,i \simeq 10$

$R \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-3} \simeq 10 \Rightarrow \boxed{R \simeq 10\ k\Omega}$ (em série)

Resposta: 10 kΩ, em série

73 A escala de um amperímetro apresenta 100 divisões e seu fundo de escala é de 5 A. Sendo de 1,8 Ω a resistência elétrica desse medidor, determine:

a) o número de ampères por divisão;
b) como deve ser associado um resistor e qual deve ser a sua resistência, para que o medidor possa medir correntes de até 20 A;
c) o número de ampères por divisão na situação descrita no item **b**.

Resolução:

a) $n = \dfrac{5\text{ A}}{100\text{ div}} \Rightarrow \boxed{n = 0{,}05\text{ A/div}}$

b) O resistor deve ser associado em paralelo com o amperímetro. Desse modo, quando uma corrente de 20 A atingir a associação, 5 A deverão passar pelo amperímetro e 15 A pelo resistor de resistência **R**, calculada por:

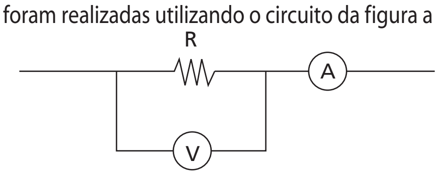
$1{,}8 \cdot 5 = R \cdot 15 \Rightarrow \boxed{R = 0{,}6\ \Omega}$

c) As 100 divisões da escala correspondem, agora, a 20 A. Assim:

$n' = \dfrac{20\text{ A}}{100\text{ div}} \Rightarrow \boxed{n' = 0{,}2\text{ A/div}}$

Respostas: a) 0,05 A/divisão; b) 0,6 Ω, em paralelo com o amperímetro; c) 0,2 A/divisão

74 (Vunesp-SP) Um estudante utiliza-se das medidas de um voltímetro **V** e de um amperímetro **A** para calcular a resistência elétrica de um resistor e a potência dissipada nele. As medidas de corrente e voltagem foram realizadas utilizando o circuito da figura a seguir.



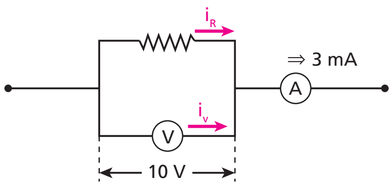
O amperímetro indicou 3 mA e o voltímetro, 10 V. Cuidadoso, ele lembrou-se de que o voltímetro não é ideal e que é preciso considerar o valor da resistência interna do medidor para se calcular o valor da resistência **R**. Se a especificação para a resistência interna do aparelho é 10 kΩ, calcule:

a) o valor da resistência **R** obtida pelo estudante;

b) a potência dissipada no resistor.

Resolução:

a)

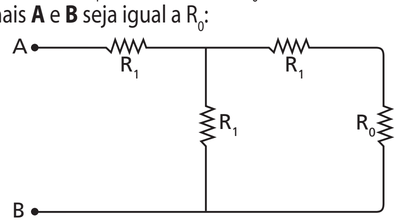


- $U_R = U_V = 10\text{ V}$
- $U_V = R_V\, i_V \Rightarrow 10\text{ V} = 10\text{ k}\Omega \cdot i_V \Rightarrow i_V = 1\text{ mA e } i_R = 2\text{ mA}$
- $R = \dfrac{U_R}{i_R} = \dfrac{10\text{ V}}{2\text{ mA}} \Rightarrow \boxed{R = 5\text{ k}\Omega}$

b) $Pot_R = U_R\, i_R = 10\text{ V} \cdot 2\text{ mA} \Rightarrow \boxed{Pot_R = 20\text{ mW}}$

Respostas: a) 5 kΩ; b) 20 mW

75 No circuito apresentado a seguir, um dos resistores tem resistência R_0. Determine R_1 em função de R_0, para que a resistência vista pelos terminais **A** e **B** seja igual a R_0:



Resolução:

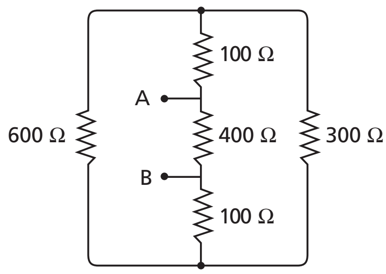
$$\frac{(R_1 + R_0)\ R_1}{(R_1 + R_0) + R_1} + R_1 = R_0$$

$$R_1^2 + R_0 R_1 + 2R_1^2 + R_0 R_1 = 2R_0 R_1 + R_0^2$$

$$3R_1^2 = R_0^2 \Rightarrow R_1 = \frac{R_0\sqrt{3}}{3}$$

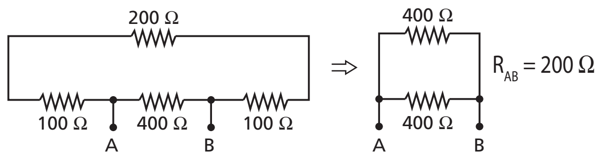
Resposta: $R_1 = \dfrac{R_0\sqrt{3}}{3}$

76 Determine a resistência equivalente entre **A** e **B**, no circuito a seguir:



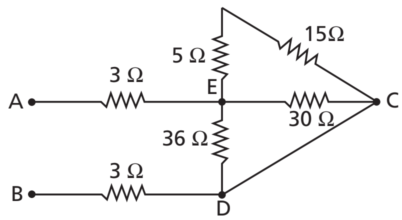
Resolução:

Os resistores de 300 Ω e 600 Ω estão **em paralelo**. Assim:



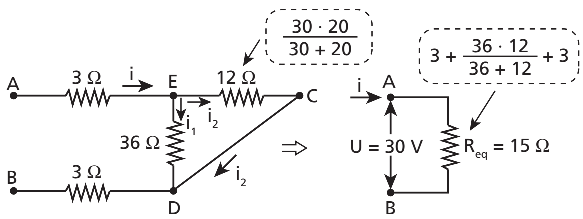
Resposta: 200 Ω

77 Na associação esquematizada a seguir, a ddp entre os pontos **A** e **B** é igual a 30 V:



Determine a intensidade de corrente no fio **CD**, de resistência desprezível.

Resolução:



(I) (II)

Em (II):

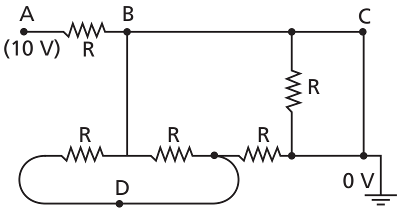
$U = R_{eq}\, i \;\Rightarrow\; 30 = 15\, i \;\Rightarrow\; i = 2\ A$

Em (I):

$$\left.\begin{array}{l} 12i_2 = 36i_1 \;\Rightarrow\; i_2 = 3i_1 \\ i_1 + i_2 = i \;\Rightarrow\; i_1 + i_2 = 2 \end{array}\right\} \Rightarrow\; i_2 = 1{,}5\ A$$

Resposta: 1,5 A

78 No esquema a seguir, R = 10 Ω e os fios de ligação têm resistência desprezível. O potencial da Terra é considerado nulo e o potencial no ponto **A** é de 10 V.



Determine:

a) a resistência equivalente ao sistema esquematizado;

b) a intensidade de corrente em **D**;

c) o potencial em **B**;

d) a resistência equivalente ao sistema, se o circuito for aberto no ponto **C**;

e) a potência dissipada no sistema, com o circuito aberto em **C**.

Resolução:

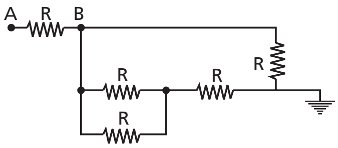
a) Como a resistência é nula de **B** até a Terra, temos:

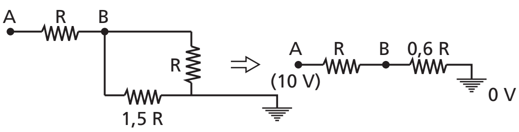
$R_{eq} = R \;\Rightarrow\; R_{eq} = 10\ \Omega$

b) Em virtude do que foi dito em "a": $i_D = 0$

c) É o mesmo da Terra: $\nu_B = 0$

d)





$R_{eq} = R + 0{,}6\, R = 1{,}6\, R \;\Rightarrow\; R_{eq} = 16\ \Omega$

e) $Pot = \dfrac{U^2}{R_{eq}} = \dfrac{10^2}{16} \;\Rightarrow\; Pot = 6{,}25\ W$

Respostas: a) 10 Ω; b) Zero; c) Zero; d) 16 Ω; e) 6,25 W

79 (UFJF-MG) Um disjuntor é um interruptor elétrico de proteção que desarma quando a corrente num circuito elétrico ultrapassa um certo valor. A rede elétrica de 110 V de uma residência é protegida por um disjuntor de 40 ampères, com tolerância de ± 5%. Se a residência dispõe de um chuveiro elétrico de 3 960 watts, um ferro de passar roupas de 880 watts e algumas lâmpadas de 40 watts:

a) Determine o maior valor da corrente que passa pelo disjuntor, abaixo do qual ele não desarma, com certeza (o limite inferior da faixa de tolerância). Determine também o menor valor da corrente, acima do qual o disjuntor desarma, com certeza (o limite superior da faixa de tolerância).

b) O chuveiro e o ferro de passar roupas podem ser ligados juntos sem que o disjuntor desarme? Justifique por meio de cálculos.

c) Quando o chuveiro está ligado, quantas lâmpadas podem ser ligadas sem que o disjuntor desarme com certeza? Justifique por meio de cálculos.

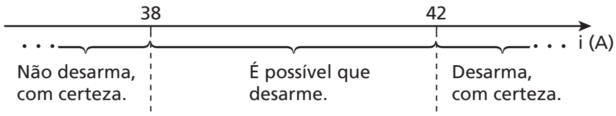
Resolução:

a) Considerando a margem de erro (tolerância) do disjuntor, temos:

40 A + 5% de 40 A = 42 A

40 A – 5% de 40 A = 38 A

Portanto:



38 A e 42 A, respectivamente

b) $Pot = U\, i \;\Rightarrow\; 3\,960 + 880 = 110\, i \;\Rightarrow\; i = 44\ A$

Portanto, o chuveiro e o ferro **não** podem ser ligados juntos.

c) $Pot = Ui \;\Rightarrow\; Pot_{total} < 110 \cdot 38 \;\Rightarrow\; Pot_{total} < 4\,180\ W$

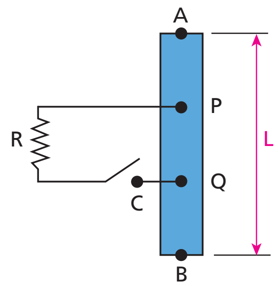
$Pot_{chuv.} = 3\,960\ W \;\Rightarrow\; Pot_{lamp.} < 220\ W$

$n \cdot 40\ W < 220\ W$

$n < 5{,}5 \;\Rightarrow\; \boxed{n = 5}$

Respostas: a) 38 A e 42 A, respectivamente; b) Não; c) 5

80 (ITA-SP) Na figura, AB representa um resistor filiforme, de resistência **r** e comprimento **L**. As distâncias AP e QB são $\frac{2L}{5}$ e $\frac{L}{5}$, respectivamente. A resistência **R** vale 0,40 r. Quando a chave **C** está aberta, a corrente constante i_0 = 6,00 A passa por **r**. Quando a chave **C** for fechada, a corrente que entrará em **A** será:



a) 7,5 A.

b) 12,0 A.

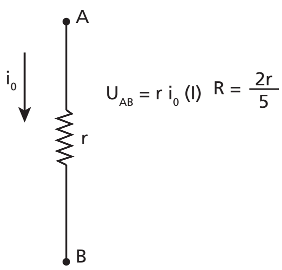
c) 4,5 A.

d) 9,0 A.

e) indeterminada, pois o valor de **r** não foi fornecido.

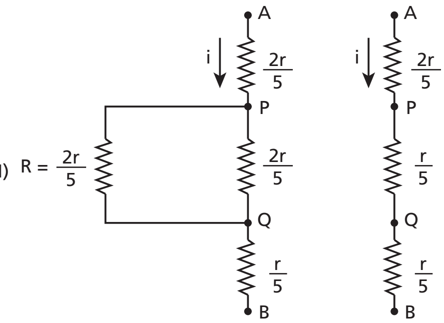
Resolução:

Chave aberta:



Chave fechada:

$R = 0{,}40\, r = \frac{2r}{5}$



$\overline{AP} = \frac{2\,L}{5} \Rightarrow R_{AP} = \frac{2r}{5}$

$\overline{QB} = \frac{L}{5} \Rightarrow R_{QB} = \frac{r}{5}$

$\overline{PQ} = \frac{2\,L}{5} \Rightarrow R_{PQ} = \frac{2r}{5}$

$R_{AB} = \frac{2r}{5} + \frac{r}{5} + \frac{r}{5} = \frac{4r}{5}$

Supondo que U_{AB} não se alterou, temos:

$U_{AB} = R_{AB}\, i = \frac{4r}{5}\, i \qquad \text{(II)}$

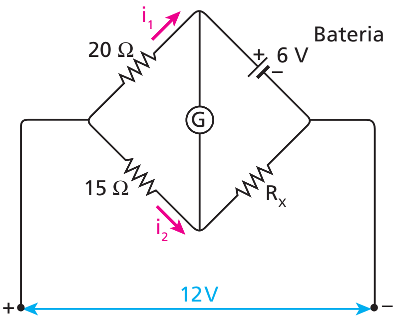
Comparando (I) com (II), vem:

$r\, i_0 = \frac{4r}{5} i \Rightarrow i = \frac{5\, i_0}{4} = \frac{5 \cdot 6{,}00}{4}$

$i = 7{,}5\ A$

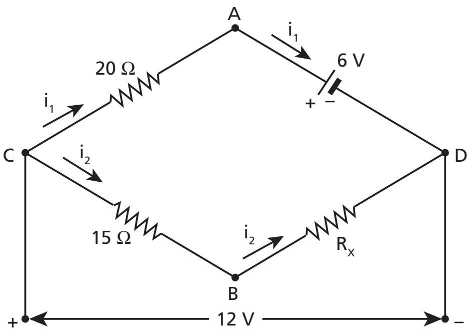
Resposta: a

81 (PUC-SP) No circuito indicado, não há passagem de corrente pelo galvanômetro. Determine as intensidades de corrente i_1 e i_2.



Resolução:

Sendo nula a corrente no galvanômetro, concluímos que os potenciais nos pontos **A** e **B** são iguais:



$v_A = v_B \Rightarrow \begin{cases} U_{AD} = U_{BD} = 6\ V \\ U_{CA} = U_{CB} = 12\ V - 6\ V = 6\ V \end{cases}$

Entre **C** e **B**, temos:

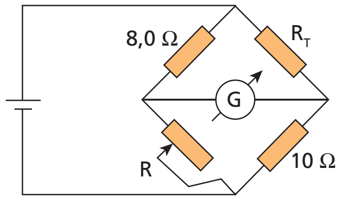
$U_{CB} = R_{CB}\, i_2 \Rightarrow 6 = 15\, i_2 \Rightarrow i_2 = 0{,}4\ A$

Entre **C** e **A**, temos:

$U_{CA} = R_{CA}\, i_1 \Rightarrow 6 = 20\, i_1 \Rightarrow i_1 = 0{,}3\ A$

Respostas: $i_1 = 0{,}3\ A$ e $i_2 = 0{,}4\ A$

82 (ITA-SP) O circuito da figura a seguir, conhecido como ponte de Wheatstone, está sendo utilizado para determinar a temperatura do óleo de um reservatório, no qual está inserido um resistor de fio de tungstênio R_T. O resistor variável **R** é ajustado automaticamente de modo a manter a ponte sempre em equilíbrio, passando de 4,00 Ω para 2,00 Ω.



Sabendo que a resistência varia linearmente com a temperatura e que o coeficiente linear de temperatura para o tungstênio vale $\alpha = 4{,}00 \cdot 10^{-3}\ °C^{-1}$, a variação da temperatura do óleo deve ser de:

a) −125 °C
b) −35,7 °C
c) 25,0 °C
d) 41,7 °C
e) 250 °C

Resolução:

Considerando que $R = R_0\,(1 = \alpha\Delta\theta)$, temos:

$4 = 2[1 + 4 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta\theta]$

Portanto:

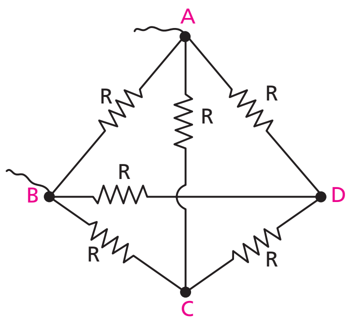
$2 = 1 + 4 \cdot 10^{-3}\, \Delta\theta \Rightarrow \boxed{\Delta\theta = 250\ °C}$

Resposta: e

83 Seis resistores de resistências iguais a **R** são associados como mostra a figura (tetraedro):

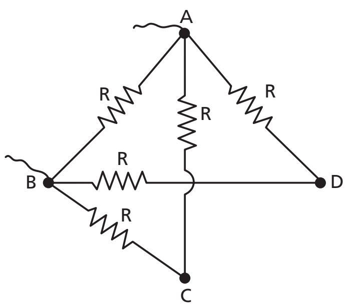
Calcule a resistência equivalente entre os pontos **A** e **B**.

Sugestão: procure perceber alguma simetria que permita identificar pontos no mesmo potencial; um resistor entre esses pontos fica eliminado da associação.



Resolução:

Devido à simetria, os pontos **C** e **D** estão no mesmo potencial. Consequentemente, o resistor entre **C** e **D** não participa do circuito, que fica reduzido a:

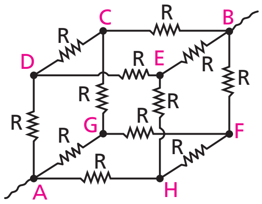


Temos, então, 2R, 2R e **R**, todas em paralelo. Portanto:

$R_{eq} = \frac{R}{2}$

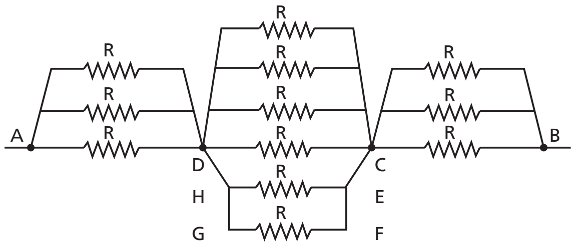
Resposta: $\frac{R}{2}$

84 Doze resistores de resistências iguais a **R** são associados segundo as arestas de um cubo, como mostra a figura:



Determine a resistência equivalente entre **A** e **B**.

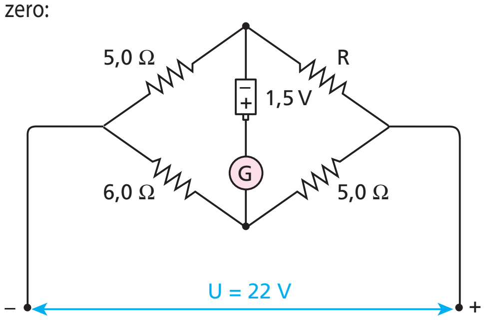
Resolução:
Devido à simetria, os pontos **D**, **H** e **G** estão no mesmo potencial, o mesmo ocorrendo com os pontos **C**, **E** e **F**. Por isso, os pontos **D**, **H** e **G** podem ser unidos entre si, e os pontos, **C**, **E** e **F** também.



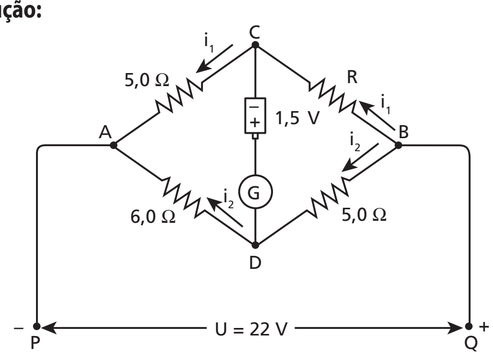
$R_{eq} = \frac{R}{3} + \frac{R}{6} + \frac{R}{3} \Rightarrow R_{eq} = \frac{5R}{6}$

Resposta: $\frac{5R}{6}$

85 No circuito esquematizado a seguir, determine a resistência elétrica **R**, para que o galvanômetro **G**, ligado a uma pilha de 1,5 V, indique zero:



Resolução:

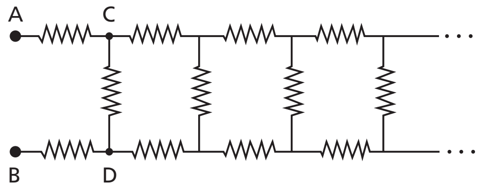


No trecho PADBQ, temos:
$22 = (5{,}0 + 6{,}0)\ i_2 \Rightarrow i_2 = 2{,}0\ A$
$\nu_B - \nu_D = 5\ i_2 = 5 \cdot 2 \Rightarrow \nu_B - \nu_D = 10\ V$ (I)
$\nu_D - \nu_C = 1{,}5\ V$ (II)
(I) + (II): $\nu_B - \nu_C = 11{,}5\ V$

$\nu_C - \nu_A = 22 - 11{,}5 = 10{,}5\ V$
$\nu_C - \nu_A = 5\ i_1 \Rightarrow 10{,}5 = 5\ i_1 \Rightarrow i_1 = 2{,}1\ A$
$\nu_B - \nu_C = R\ i_1 \Rightarrow 11{,}5 = R\ \ 2{,}1$
$R = 5{,}5\ \Omega$

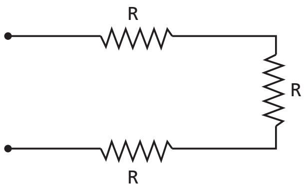
Resposta: 5,5 Ω

86 A rede resistiva esquematizada na figura estende-se à direita, indefinidamente (o número de resistores é infinito). Cada resistor tem resistência **R**.



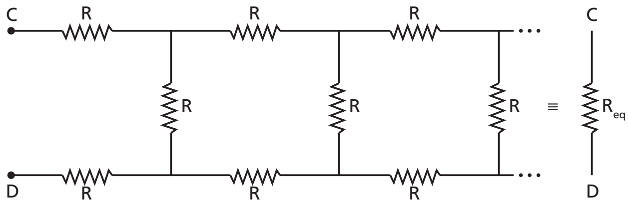
Calcule a resistência equivalente entre os pontos **A** e **B**.

Resolução:
Vamos chamar de "célula" o conjunto de resistores representado a seguir:

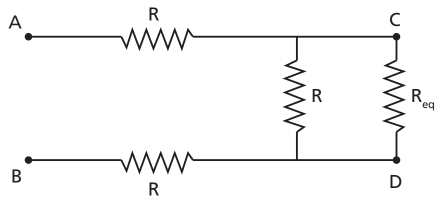


Uma "célula".

Como o número de "células"' é **infinito**, uma a menos (ou a mais) não faz diferença. Então, a resistência equivalente entre **A** e **B** (R_{eq}) é igual à resistência equivalente entre **C** e **D** (primeira "célula" eliminada):



Portanto, a rede original pode ser desenhada como na figura abaixo:



Assim:

$R_{AB} = R_{eq} = 2\,R + \frac{R \cdot R_{eq}}{R + R_{eq}} \Rightarrow R_{eq}^2 - 2\,R \cdot R_{eq} - 2\,R^2 = 0$

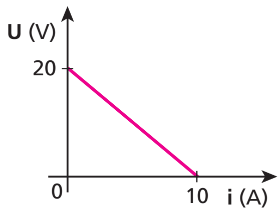
$R_{eq} = \frac{2\,R \pm 2\,R\sqrt{3}}{2} = R \pm R\sqrt{3} \Rightarrow \boxed{R_{eq} = R\,(1 + \sqrt{3})}$

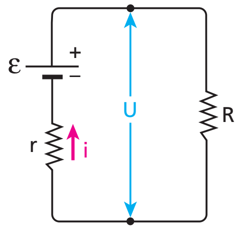
A raiz $R\,(1 - \sqrt{3})$ não tem significado físico porque implica R_{eq} negativa.

Resposta: $R\,(1 + \sqrt{3})$

Tópico 3

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





Determine:

a) a equação do gerador;

b) a intensidade de corrente no circuito, se **R** for igual a 3 Ω;

c) o valor de **R** para que a potência fornecida pelo gerador seja máxima e o valor dessa potência.

Resolução:

a) Temos que $U = \varepsilon - r\,i$.

Para $i = 0$: $U = \varepsilon \Rightarrow \varepsilon = 20\ V$

Para $U = 0$: $i = \dfrac{\varepsilon}{r} \Rightarrow 10 = \dfrac{20}{r} \Rightarrow r = 2\ \Omega$

A equação do gerador é, então: $\boxed{U = 20 - 2i \quad (SI)}$

b) $\varepsilon = R_{eq}\, i \Rightarrow i = \dfrac{\varepsilon}{R + r} = \dfrac{20}{3 + 2}$

$\boxed{i = 4\ A}$

c) Para haver máxima transferência de potência, devemos ter:

$R = r \Rightarrow \boxed{R = 2\ \Omega}$

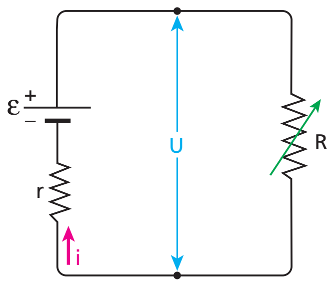
Nessa situação, temos:

$U = \dfrac{\varepsilon}{2} = \dfrac{20}{2} \Rightarrow U = 10\ V$

$i = \dfrac{i_{cc}}{2} = \dfrac{10}{2} \Rightarrow i = 5\ A$

$Pot_{u_{máx}} = U\,i = 10 \cdot 5 \Rightarrow \boxed{Pot_{u_{máx}} = 50\ W}$

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



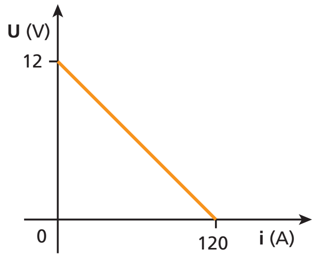
a) Trace a curva característica desse gerador, ou seja, o gráfico de **U** em função de **i**.

b) Calcule a intensidade de corrente no circuito quando $R = 1{,}9\ \Omega$.

Resolução:

a) • $\varepsilon = 12\ V$

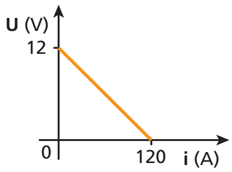
• $i_{cc} = \dfrac{\varepsilon}{r} = \dfrac{12}{0{,}1} \Rightarrow i_{cc} = 120\ A$



b) $i = \dfrac{\varepsilon}{R + r} = \dfrac{12}{2{,}0}$

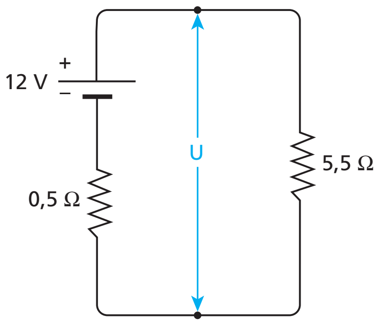
$\boxed{i = 6{,}0\ A}$

Respostas: a)



b) 6,0 A

3



No circuito representado na figura, calcule:

a) a intensidade de corrente elétrica;

b) a tensão **U** entre os terminais do gerador.

Resolução:

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

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

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

4 a) Determine a força eletromotriz de um gerador de resistência interna igual a 0,2 Ω, sabendo que a sua corrente de curto-circuito vale 30 A.

b) Qual é a diferença de potencial entre os terminais desse mesmo gerador, em circuito aberto?

Resolução:

a) $i_{cc} = \dfrac{\varepsilon}{r} \Rightarrow 30 = \dfrac{\varepsilon}{0{,}2} \Rightarrow \boxed{\varepsilon = 6\ V}$

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

Respostas: a) 6 V; b) 6 V

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

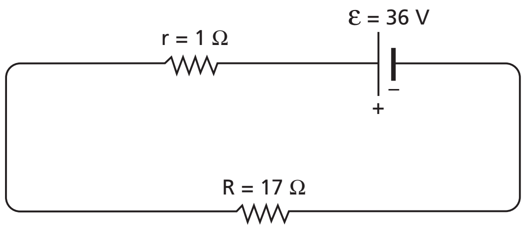
Resolução:

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

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

Resposta: 1,2 V

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



Determine:

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

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

c) o rendimento do gerador.

Resolução:

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

$U = R\, i = 17 \cdot 2 \;\Rightarrow\; U = 34\ V$

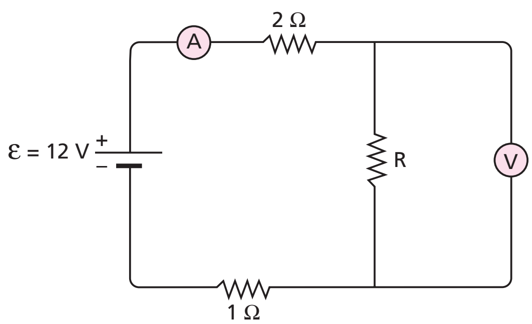
$Pot_u = U\, i = 34 \cdot 2 \;\Rightarrow\; \boxed{Pot_u = 68\ W}$

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

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

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

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



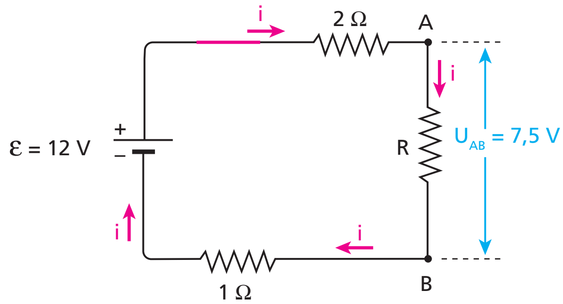
Sabendo que a leitura no voltímetro é igual a 7,5 V, determine:

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

b) a leitura no amperímetro.

Resolução:

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



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

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

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

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

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

Substituindo (II) em (I), vem:

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

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

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

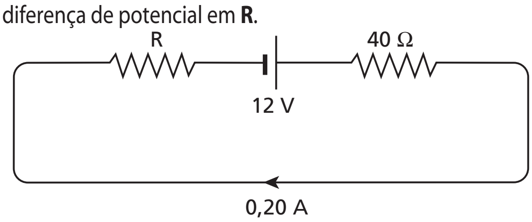
$$i = \frac{7{,}5}{5} \;\Rightarrow\; \boxed{i = 1{,}5\ A}$$

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

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

a) o valor da resistência **R**;

b) a diferença de potencial em **R**.



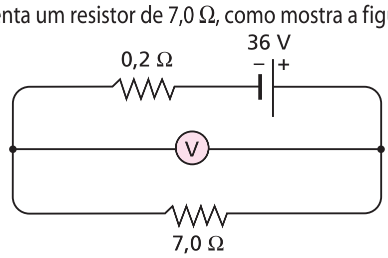
Resolução:

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

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

Respostas: a) 20 Ω; b) 4,0 V

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



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

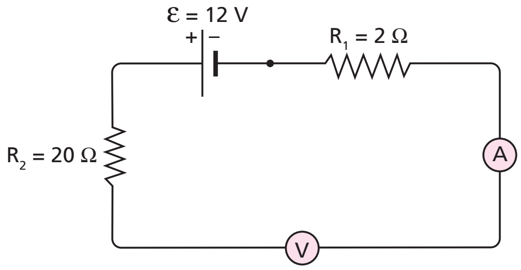
Resolução:

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

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

Resposta: 35 V

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



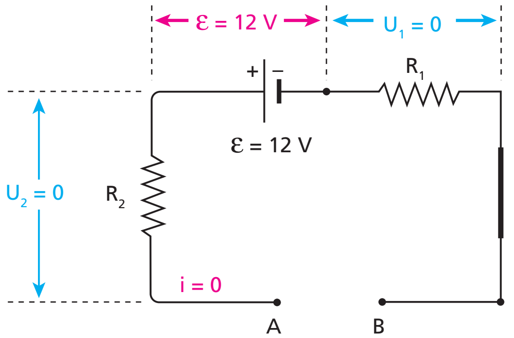
Resolução:

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

Portanto:

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

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



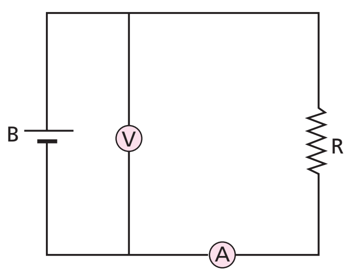
O voltímetro indica a ddp U_{AB} entre os pontos **A** e **B**, que é dada por:

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

Portanto:

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

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



As indicações do voltímetro e do amperímetro são:

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

Nessas condições, podemos dizer que:

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

Resolução:

1. Correta: $i = 0{,}00\ A \Rightarrow \boxed{U = \varepsilon = 3{,}00\ V}$

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

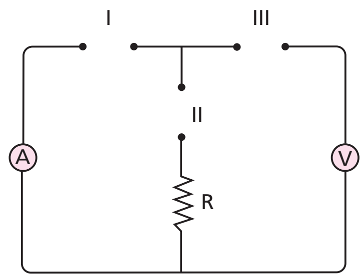
3. Falsa: $i = 1{,}00\ A \Rightarrow U = 1{,}50\ V$

   $Pot = U\,i = 1{,}50 \cdot 1{,}00 \Rightarrow \boxed{Pot = 1{,}50\ W}$

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

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

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



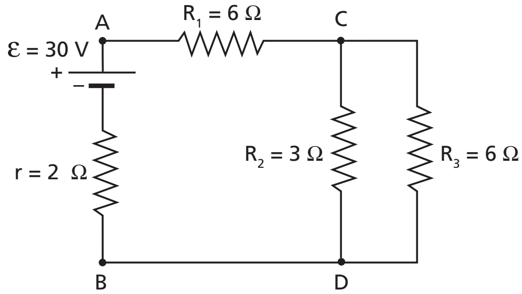
a) Somente em I.
b) Somente em II.
c) Somente em III.
d) Em I ou em II.
e) Em I ou em III.

Resolução:

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

Resposta: a

13 E.R. No circuito a seguir, tem-se um gerador ligado a um conjunto de resistores.
Determine:
a) a intensidade de corrente elétrica que percorre o gerador AB;
b) a diferença de potencial entre os pontos **C** e **D**;
c) a intensidade de corrente nos resistores de resistências R_2 e R_3.

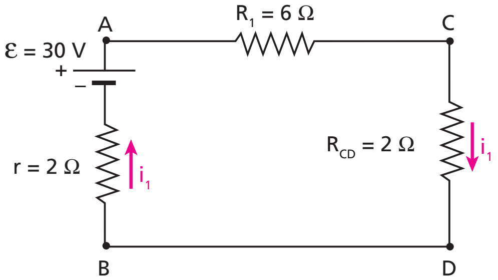


Resolução:

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

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

Podemos, então, redesenhar o circuito, como segue:



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

$$\mathcal{E} = R_{eq}\, i_1$$

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

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

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

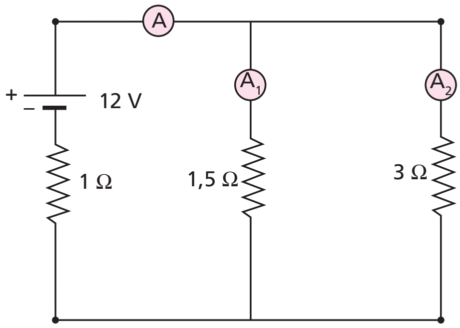
$$U_{CD} = R_{CD}\, i_1 = 2 \cdot 3 \Rightarrow \boxed{U_{CD} = 6\text{ V}}$$

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

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

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

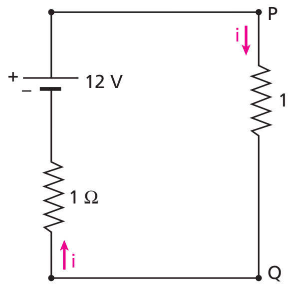
14 No circuito esquematizado na figura a seguir, determine:



a) as indicações dos amperímetros **A**, A_1 e A_2, supondo-os ideais;
b) a redução da energia química da bateria em 5 segundos de funcionamento.

Resolução:

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



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

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

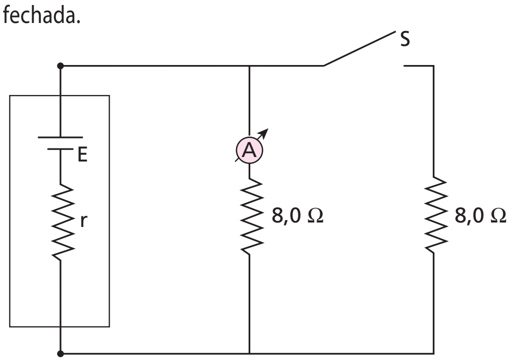
A_1: $U_{PQ} = 1{,}5\, i_1 \Rightarrow 6 = 1{,}5\, i_1 \Rightarrow \boxed{i_1 = 4\text{ A}}$

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

b) A redução da energia química da bateria é igual à energia elétrica total produzida por ela:
$E = Pot_t\, \Delta t = \mathcal{E}\, i\, \Delta t = 12 \cdot 6 \cdot 5 \Rightarrow \boxed{E = 360\text{ J}}$

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

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



Resolução:

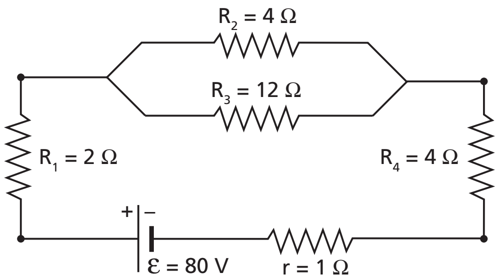
- **Chave aberta:** $E = (8,0 + r)\, i_1 \Rightarrow E = (8,0 + r) \cdot 6,0$
  Chave fechada: $E = (4,0 + r)\, i_2 \Rightarrow E = (4,0 + r) \cdot 10,0$ $\Rightarrow$

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

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

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

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

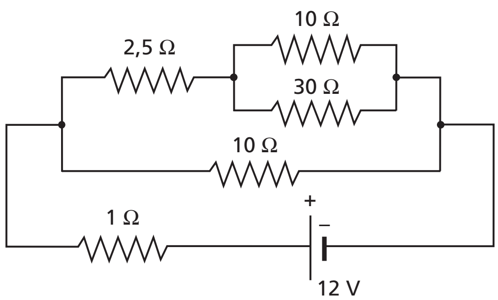


Resolução:

- R_2 em paralelo com $R_3 \Rightarrow 3\ \Omega$
- $i_1 = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{80}{2 + 3 + 4 + 1} \Rightarrow \boxed{i_1 = 8\ A}$
- Entre os terminais da associação de R_2 e R_3, temos:
  $U = 3\, i_1 = 3 \cdot 8 \Rightarrow U = 24$ V
- Em R_2: $U = R_2\, i_2 \Rightarrow 24 = 4\, i_2 \Rightarrow \boxed{i_2 = 6\ A}$
- Em R_3: $U = R_3\, i_3 \Rightarrow 24 = 12\, i_3 \Rightarrow \boxed{i_3 = 2\ A}$

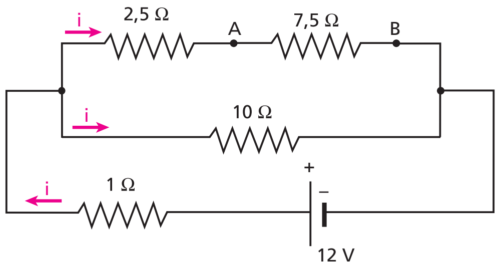
Respostas: 8 A, 6 A e 2 A, respectivamente

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



Resolução:

Consideremos o circuito a seguir:



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

Portanto: $i = 1$ A

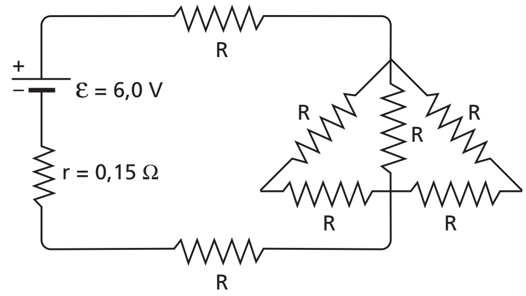
$U_{AB} = R_{AB}\, i = 7,5 \cdot 1 \Rightarrow U_{AB} = 7,5$ V

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

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

Resposta: 0,25 A

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

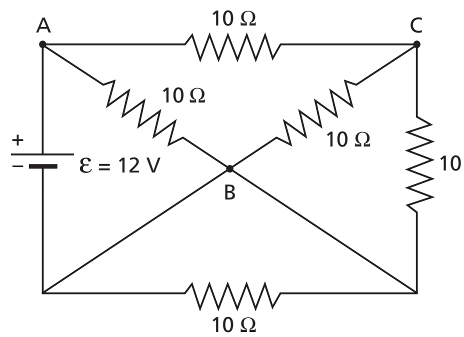


Resolução:

- $Pot_d = r\, i^2 \Rightarrow 15,0 = 0,15\, i^2 \Rightarrow i = 10$ A
- 2R, R e 2R em paralelo $\Rightarrow \frac{R}{2}$
- $i = \frac{\varepsilon}{r + R + \frac{R}{2} + R} \Rightarrow 10 = \frac{6,0}{0,15 + \frac{5R}{2}} \Rightarrow \boxed{R = 0,18\ \Omega}$

Resposta: 0,18 Ω

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

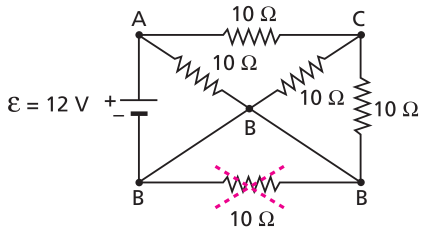


Determine a diferença de potencial entre os pontos:

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

Resolução:

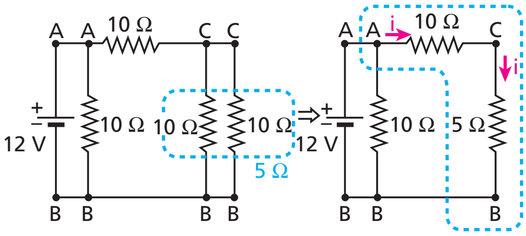
a) Observando os pontos que estão curto-circuitados, temos:



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

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

b) Vamos, agora, redesenhar o circuito:



No trecho ACB, temos:

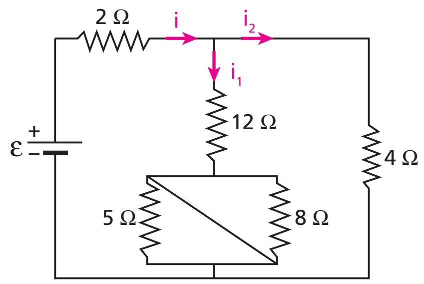
$$U_{AB} = R_{ACB}\, i \Rightarrow 12 = (10 + 5)\, i \Rightarrow i = 0{,}8 \text{ A}$$

Então:

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

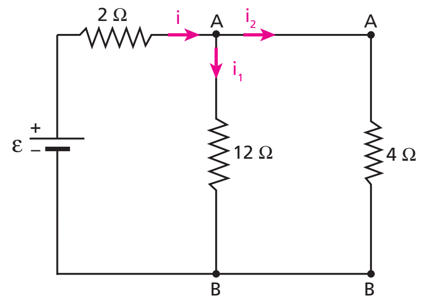
20 (Mack-SP) No circuito representado abaixo, a bateria é ideal e a intensidade de corrente i_1 é igual a 1,5 A. O valor da força eletromotriz **ε** da bateria é:

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



Resolução:

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

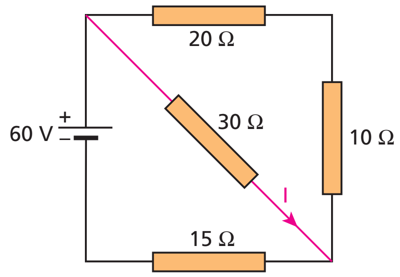


- $U_{AB} = 12\, i_1 = 12 \cdot 1{,}5 \Rightarrow U_{AB} = 18 \text{ V}$
- $U_{AB} = 4\, i_2 \Rightarrow 18 = 4\, i_2 \Rightarrow i_2 = 4{,}5 \text{ A}$
- $i = i_1 + i_2 \Rightarrow i = 6{,}0 \text{ A}$
- $U_{AB} = \varepsilon - 2\, i$

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

Resposta: c

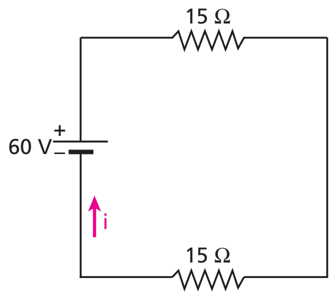
21 (Ufal) O esquema abaixo representa um circuito composto de gerador, fios de ligação e resistores. A resistência interna do gerador e as resistências dos fios de ligação são consideradas desprezíveis.



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

Resolução:

- 20 Ω em série com 10 Ω ⇒ **30 Ω**
- 30 Ω em paralelo com 30 Ω ⇒ 15 Ω

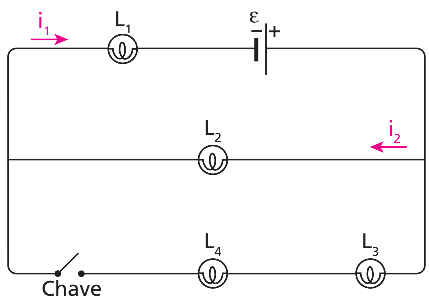


$$i = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{60}{30} \Rightarrow i = 2 \text{ A}$$

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

Resposta: 1 A

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

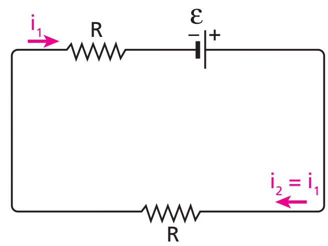


Fechando a chave:

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

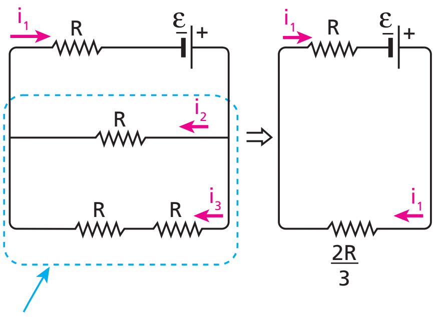
Resolução:

a) Com a chave aberta, temos:



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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

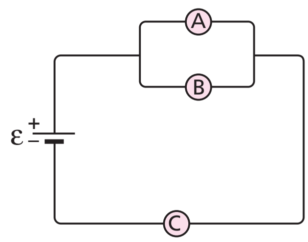
b) A intensidade da corrente é igual (i_3) nas lâmpadas L_3 e L_4, o mesmo ocorrendo com a potência dissipada.
Então:

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

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

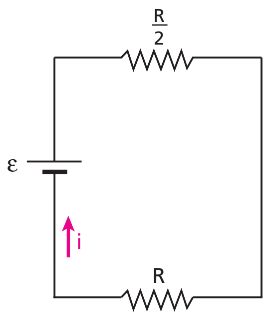
$\boxed{L_2 \text{ iluminará melhor que } L_3.}$

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



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

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



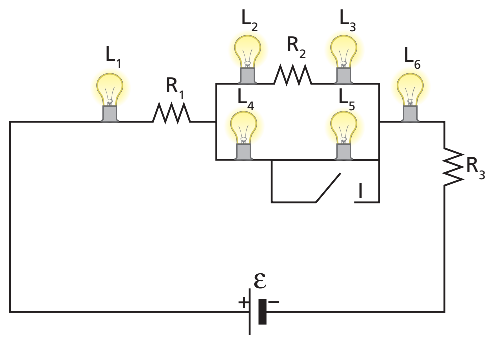
$\varepsilon = \frac{3R}{2} \cdot i \Rightarrow i = \frac{2\varepsilon}{3R}$ (**C**)

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

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

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

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



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

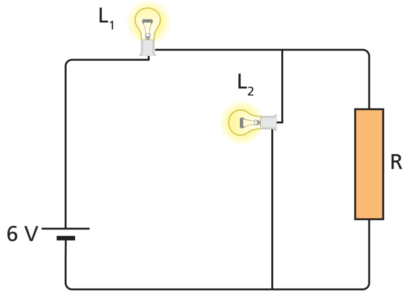
01. L_1 brilha mais do que L_2 e esta, mais do que L_3.
02. L_2 e L_3 têm o mesmo brilho.
04. L_1 tem o mesmo brilho de L_6.
08. Ao fechar o interruptor **I**, o brilho de L_4 não permanece o mesmo.

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

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

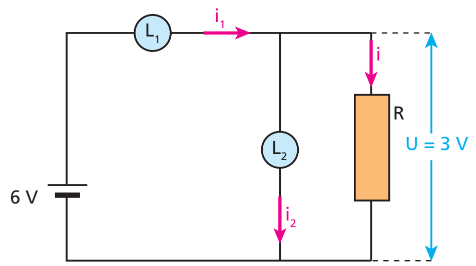
Resposta: 14

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



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

Resolução:



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

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

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

Resposta: a

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

Resolução:

• $R_{cabo} \simeq 0$

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

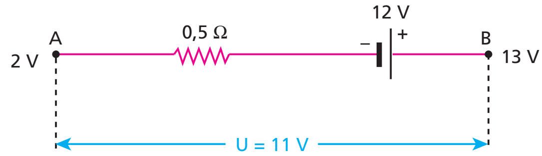
Resposta: 0,12 Ω

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

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

Resolução:

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



Assim:

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

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

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

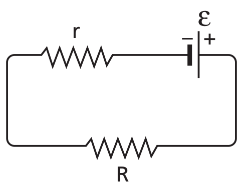
28 Fios de alumínio são usados na transmissão de energia elétrica de uma usina hidrelétrica até uma cidade. Esses fios, apesar de excelentes condutores, apresentam determinada resistência elétrica.

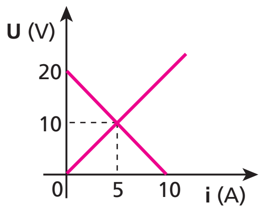
a) Quando a demanda de energia elétrica na cidade aumenta (mais aparelhos ligados), o que acontece com a tensão **U** recebida pela cidade? Justifique.

b) Qual a vantagem de se fazer a transmissão de energia elétrica em altas tensões?

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

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





Determine:

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

Resolução:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

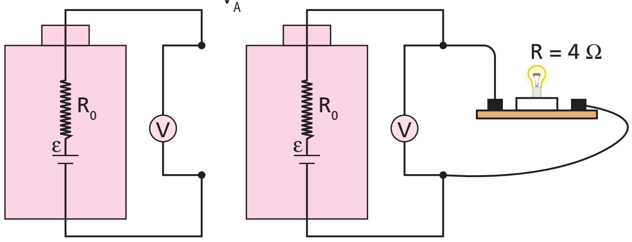
$$Pot_{máx} = \frac{\left(\frac{\varepsilon}{2}\right)^2}{r} = \frac{E}{\Delta t_{min}} \Rightarrow \Delta t_{min} \frac{4\,E\,r}{\varepsilon^2}$$

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

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

Resposta: 16 minutos

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



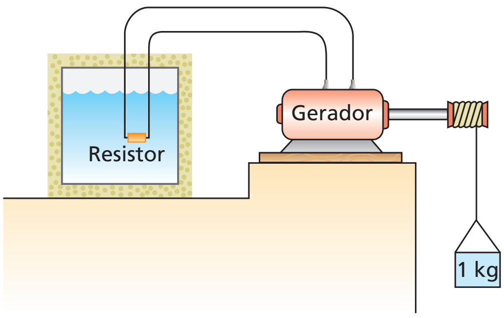
Situação I Situação II

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

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

Resposta: a

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

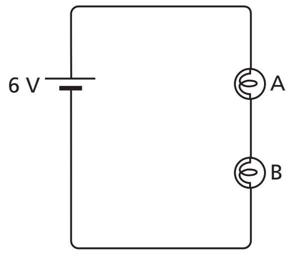


Considerando o valor da aceleração da gravidade como 10 m/s², calcule:
a) a energia elétrica gerada, se o corpo se desloca para baixo, percorrendo uma distância de 10 m com uma velocidade constante;
b) a variação na temperatura do líquido após o corpo percorrer esses 10 m, considerando que nenhuma mudança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

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

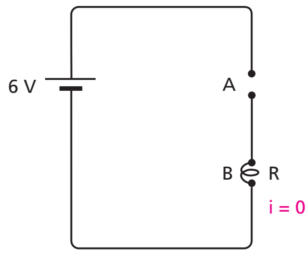
Respostas: a) 50 J; b) 1,0 °C

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



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

Resolução:
Lâmpadas apagadas: i = 0



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

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

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

Resposta: A lâmpada **A**

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

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

Resolução:

Temos:

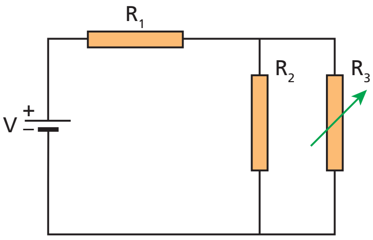
$$\varepsilon = \Sigma R \cdot i \Rightarrow i = \frac{\varepsilon}{\Sigma R}$$

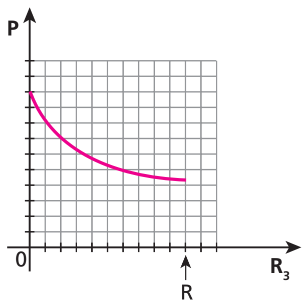
A tensão U_i é dada por:

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

Resposta: Ver demonstração

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





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

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

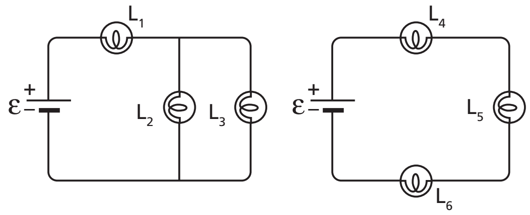
Resolução:

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

$Pot_3 = 0\, i^2 = 0$
$Pot_2 = 0$ (R_2 está em curto-circuito)
$Pot_2 - Pot_3 = 0$
$Pot_2 + Pot_3 = 0$

Resposta: a

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



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

Resolução:

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

• No circuito da esquerda:

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

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

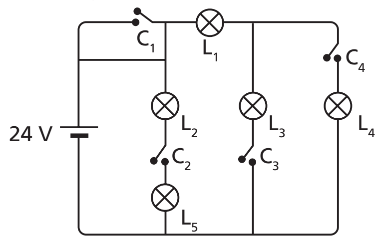
• No outro circuito:

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

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

Resposta: são iguais

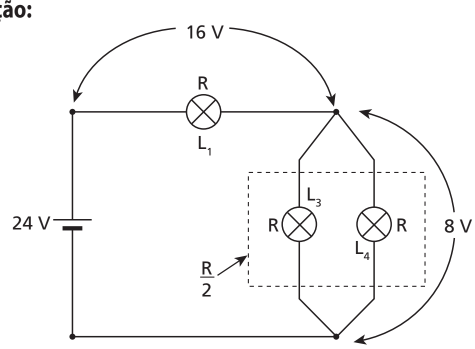
37 (Puccamp-SP) No circuito representado no esquema abaixo, as lâmpadas L_1, L_2, L_3, L_4 e L_5 são de 6,0 W e 12 V. O gerador de 24 V tem resistência interna desprezível. C_1, C_2, C_3 e C_4 são chaves que estão abertas e podem ser fechadas pelo operador. Duas dessas chaves não devem ser fechadas ao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



Essas duas chaves são:

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

Resolução:



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

Resposta: b

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

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

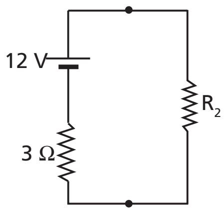
b) o gerador tem resistência interna desprezível.

Resolução:

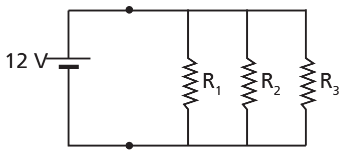
a) Para haver máxima transferência de potência ao aquecedor, é preciso que sua resistência seja igual à resistência interna do gerador ($3\ \Omega$).

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

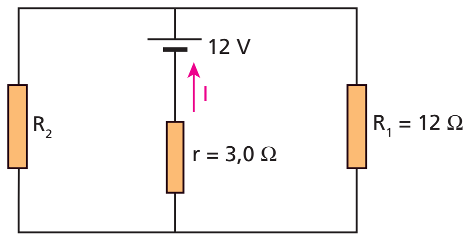
Respostas: a)



b)



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



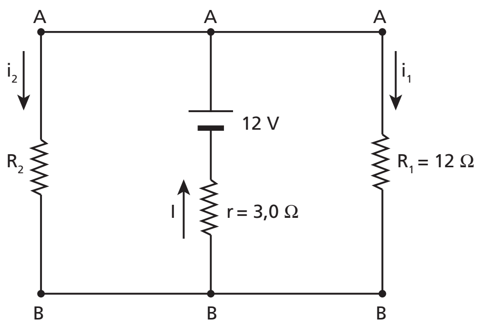
Considerando os valores indicados no esquema, determine o valor do resistor R_2, em ohms, nas seguintes situações:

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

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

Resolução:

I.



No gerador:

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

Em R_1:

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

Em R_2:

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

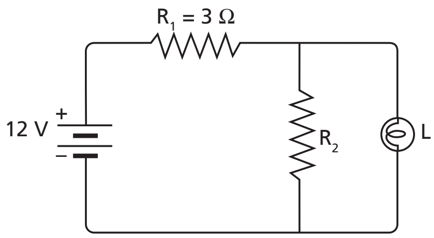
$U_{AB} = R_2 i_2 \Rightarrow 9 = R_2\, 0{,}25 \Rightarrow R_2 = 36\ \Omega$

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

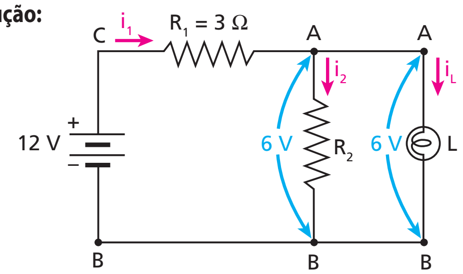
$$\frac{R_1\, R_2}{R_1 + R_2} = r \Rightarrow \frac{12\, R_2}{12 + R_2} = 3{,}0 \Rightarrow R_2 = 4\ \Omega$$

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

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



Resolução:



Em **L**, temos:

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

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

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

Em R_1, calculamos i_1:

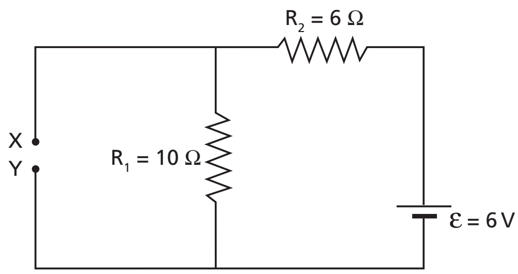
$$U_{CA} = R_1\, i_1 \Rightarrow 6 = 3\, i_1 \Rightarrow i_1 = 2\ A$$

Para calcular R_2, podemos fazer:

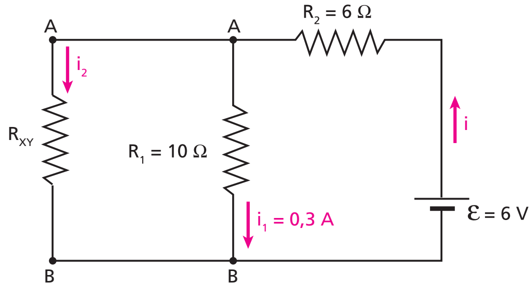
$$i_1 = i_2 + i_L \Rightarrow 2 = i_2 + 0{,}5 \Rightarrow i_2 = 1{,}5\ A$$

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

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



Resolução:



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

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

Portanto: $i_2 = 0,2\ A$.

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

Resposta: 15 Ω

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

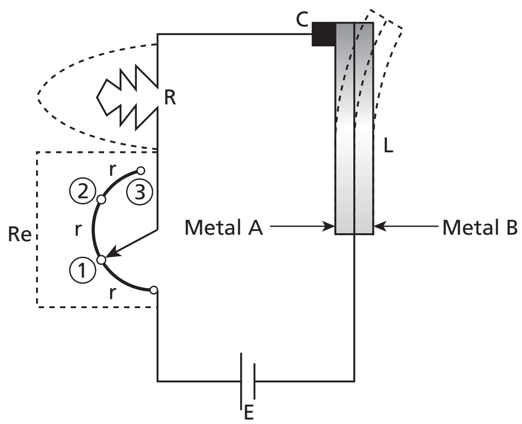
Nessa figura:

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

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

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

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



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

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

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

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

Resolução:

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

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

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

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

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

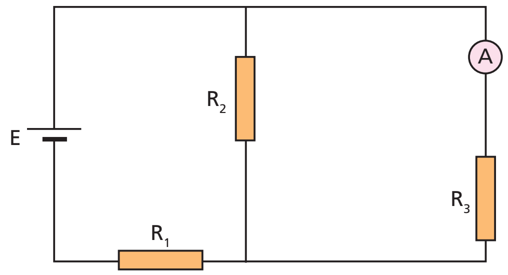
$$\left.\begin{array}{l} i_1 = \dfrac{\varepsilon}{r} \\ i_3 = \dfrac{\varepsilon}{3r} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{i_3}{i_1} = \frac{1}{3}$$

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

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

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

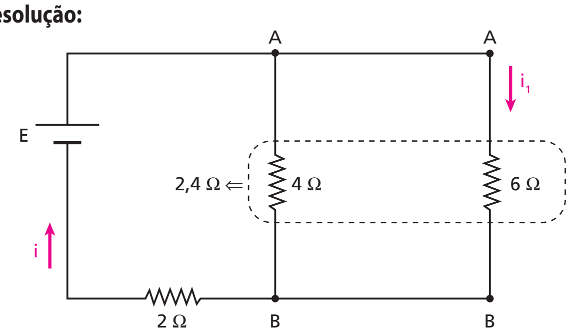
43 (UFPI) No circuito a seguir, a força eletromotriz **E** da fonte, considerada ideal, é de 8,8 V, e os resistores têm resistências $R_1 = 2,0\ \Omega$, $R_2 = 4,0\ \Omega$ e $R_3 = 6,0\ \Omega$.



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

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

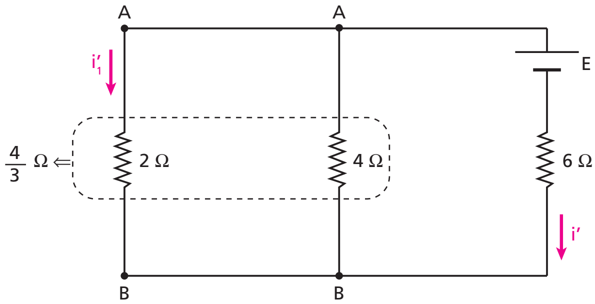
Resolução:



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

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

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



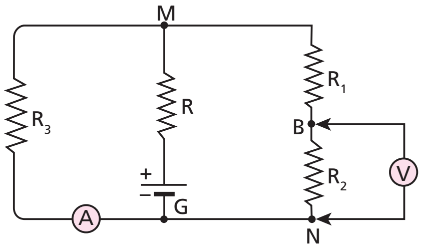
$E = \left(6 + \dfrac{4}{3}\right) i' \Rightarrow i' = \dfrac{3E}{22}$

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

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

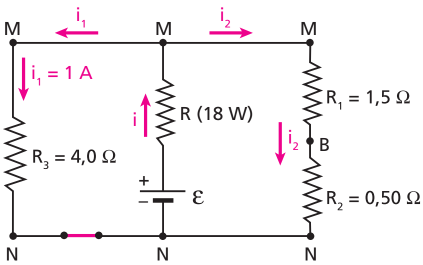
Resposta: c

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



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

Resolução:



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

$U_{MN} = 4\ V$

Na associação de R_1 com R_2:

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

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

No voltímetro:

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

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

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

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

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

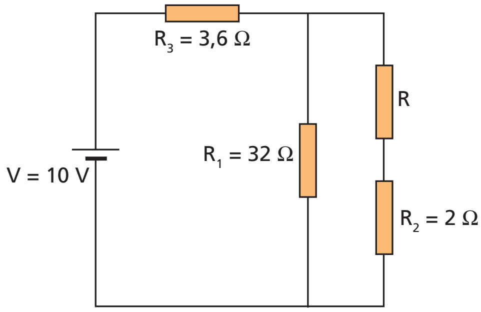
c) $U_{MN} = \varepsilon - R\,i$

$4 = \varepsilon - 2 \cdot 3$

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

Respostas: a) 1V; b) 2 Ω; c) 10 V

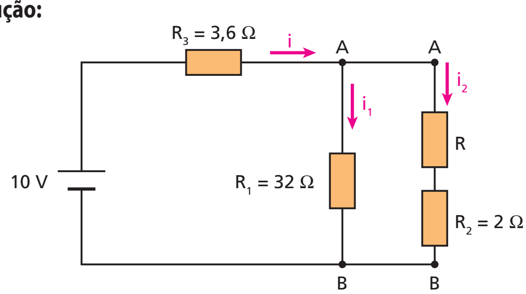
45 (Fuvest-SP) O circuito abaixo é formado por quatro resistores e um gerador ideal que fornece uma tensão V = 10 volts. O valor da resistência do resistor **R** é desconhecido. Na figura estão indicados os valores das resistências dos outros resistores.



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

Resolução:

a)



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

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

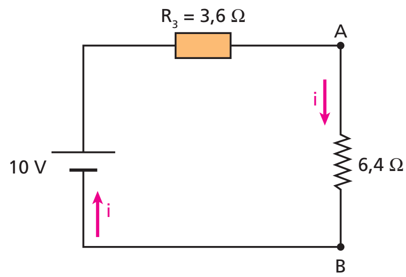
$U_{AB} = R_1\,i_1 = (R + R_2)\,i_2$

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

$R = 6\ \Omega$

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

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



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

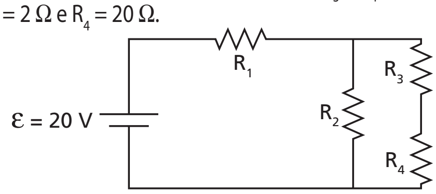
$U_{AB} = 6{,}4\, i = 6{,}4 \cdot 1 \;\Rightarrow\; U_{AB} = 6{,}4\text{ V}$

Na primeira figura:

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

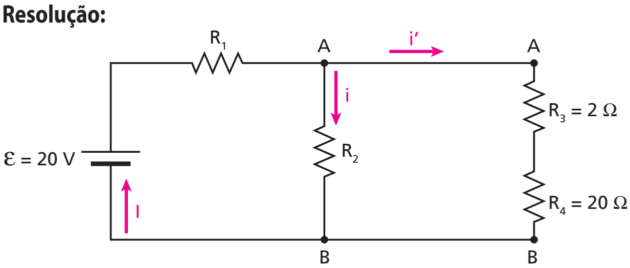
Respostas: a) 6 Ω; b) 1,28 W

46 (Unifei-MG) No circuito a seguir, a potência dissipada em R_2 é igual à potência dissipada conjuntamente em R_3 e R_4.
Dados: $R_3 = 2\ \Omega$ e $R_4 = 20\ \Omega$.



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

Resolução:



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

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

$U_1 < U_2$

$I = ?$

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

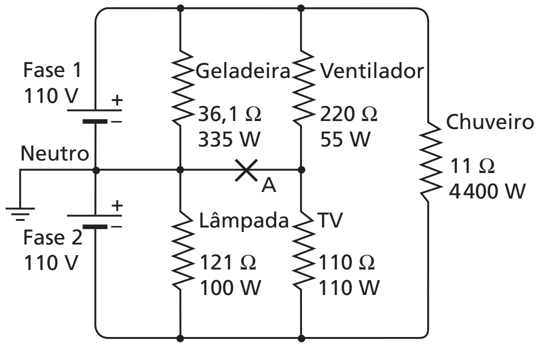
$$\Rightarrow 11 \cdot I^2 - 20 \cdot I + 9 = 0$$

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

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

Respostas: a) 22 Ω; b) 1 A

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



a) Calcule a corrente que circula pelo chuveiro.
b) Qual é o consumo de energia elétrica da residência em kWh durante quinze minutos?
c) Considerando que os equipamentos se queimam quando operam com uma potência 10% acima da nominal (indicada na figura), determine quais serão os equipamentos queimados caso o fio neutro se rompa no ponto **A**.

Resolução:

a) **No chuveiro:**

$U = R\, i$

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

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

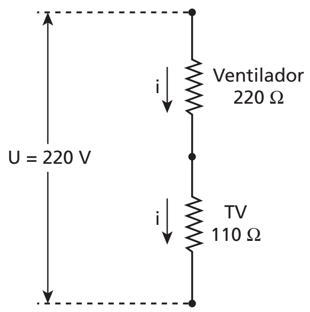
$\Delta t = 15\text{ min} = \dfrac{1}{4}\text{ h}$

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

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

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

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



$U = R_{eq}\, i$

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

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

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

(mais que 10% acima de 55 W)

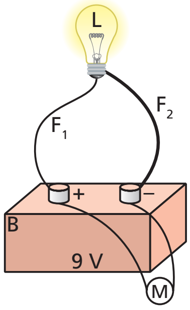
$Pot_{TV} = R_{TV}\, i^2 = 110 \left(\dfrac{4}{9}\right) \;\Rightarrow\; Pot_{TV} \simeq 49\text{ W}$

(abaixo da potência nominal)

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

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

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



Determine o valor da:

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

Resolução:

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

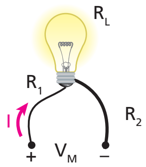
Como os fios e a lâmpada estão todos em série, a intensidade da corrente elétrica é a mesma na lâmpada e nos fios.

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

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

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

c)



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

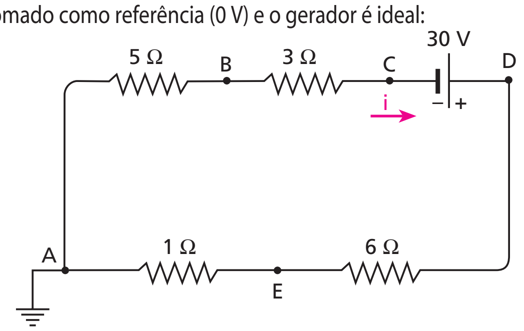
$V_M = (1{,}8 + 2{,}0 + 0{,}2) \cdot 2{,}0$

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

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

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

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



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

Resolução:

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

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

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

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

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

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

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

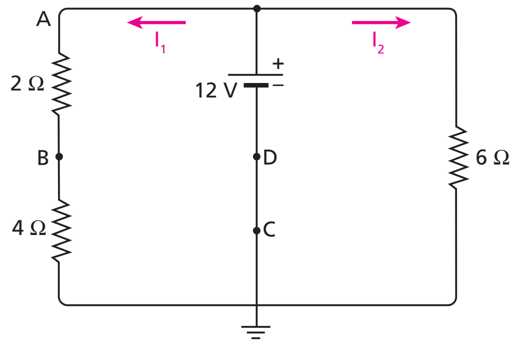
$$\nu_D - \nu_C = 30 \Rightarrow \nu_D - (-16) = 30$$
$$\boxed{\nu_D = 14\ V}$$

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

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

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

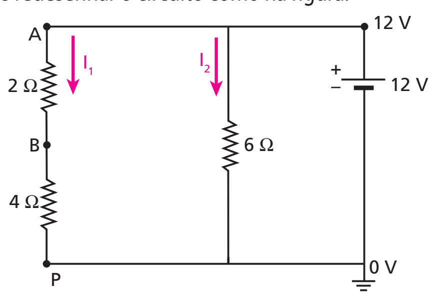
50 (Cesesp-PE) Uma bateria de força eletromotriz de 12 V e resistência interna desprezível alimenta o circuito resistivo indicado na figura:



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

Resolução:

a) Podemos redesenhar o circuito como na figura:



No ramo **AP**, temos:

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

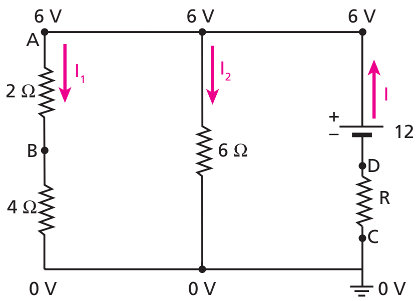
No trecho **AB**, temos:

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

Então, temos:

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

b)



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

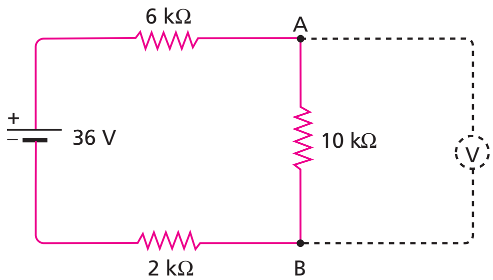
$$I_2 = \frac{6}{6} \Rightarrow I_2 = 1\ A$$

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

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

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

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



Determine:

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

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

Resolução:

a) Temos que:

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

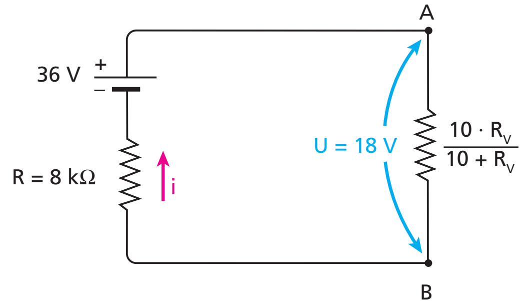
$$36 = (6 + 10 + 2) \cdot 10^3\, i \Rightarrow i = 2 \cdot 10^{-3}\ A = 2\ mA$$

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

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

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

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



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

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

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

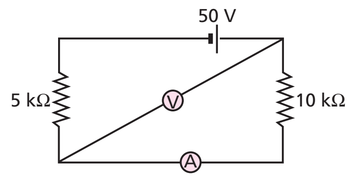
Entre **A** e **B** temos, também:

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

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

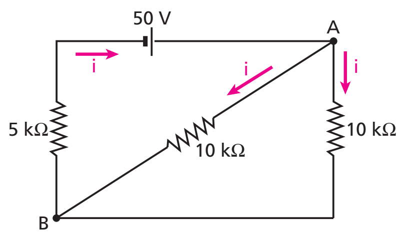
$$\boxed{R_V = 40\ k\Omega}$$

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



Determine as indicações do amperímetro e do voltímetro.

Resolução:



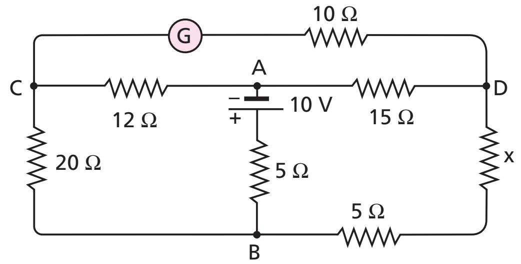
$$\varepsilon = R_{eq}\, I \Rightarrow 50\ V = 10\ k\Omega \cdot I \Rightarrow I = 5\ mA$$

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

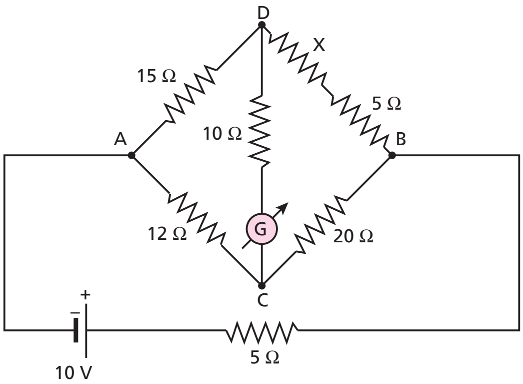
$$U_{AB} = 10\ k\Omega \cdot 2{,}5\ mA \Rightarrow \boxed{U_{AB} = 25\ V}$$

Respostas: 2,5 mA e 25 V

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



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

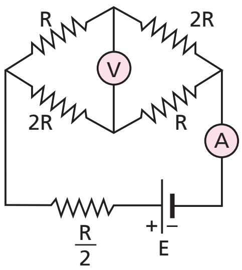


Uma vez que a ponte encontra-se em equilíbrio, vale a igualdade entre os produtos das resistências opostas:
$12\,(x + 5) = 15 \cdot 20$

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

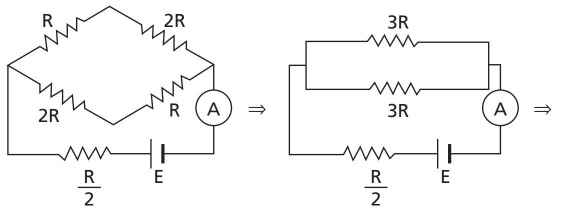
Resposta: 20 Ω

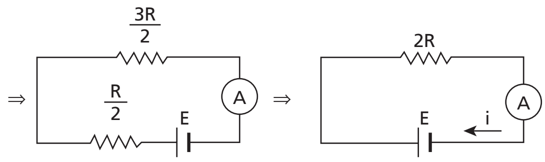
54 (Fuvest-SP) Considere o circuito da figura, onde E = 10 V e R = 1 000 Ω.



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

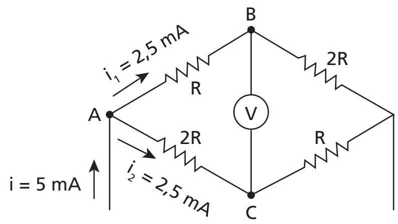
Resolução:
Consideremos ideais o voltímetro, o amperímetro e o gerador.
a)





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

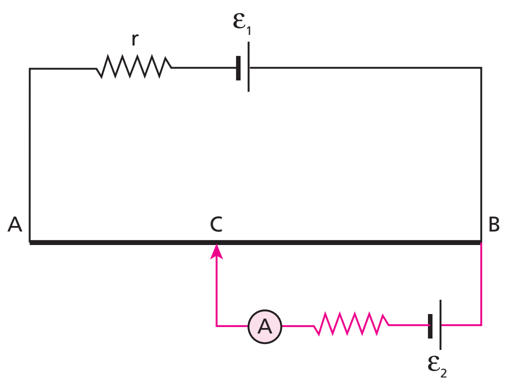
b)



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

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

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



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

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

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

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

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

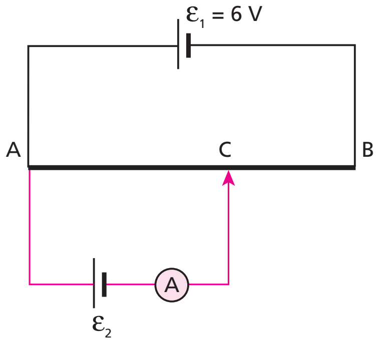
Quando a corrente no amperímetro se anula, a diferença de potencial entre os pontos **B** e **C** é igual a ε_2. Então, a queda de potencial do ponto **B** ao ponto **C**, determinada pela corrente de intensidade i = 0,5 A, também é igual a ε_2. Assim, temos:

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

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

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

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



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

Resolução:

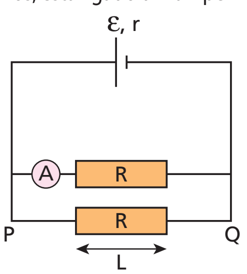
Temos:

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

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

Resposta: 4,5 V

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



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

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

Resolução:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Resolução:

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

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

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

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

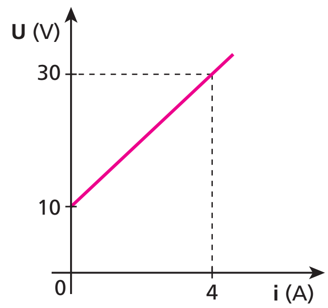
$Pot_L = \dfrac{U_L^2}{R_L} \Rightarrow 3,0 = \dfrac{1,0^2}{R_L} \Rightarrow R_L = 0,333\ \Omega$

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

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

Resposta: a

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



Determine, para esse receptor:

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

Resolução:

a) A equação de um receptor é:

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

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

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

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

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

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

b) A potência útil do receptor é dada por:

$$Pot_{útil} = \varepsilon' i$$

Assim:

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

O rendimento do receptor é calculado pela relação:

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

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

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

60 A equação característica que fornece a tensão (**U**) em função da intensidade de corrente (**i**) nos terminais de um receptor é U = 30 + 6i (SI).
Determine, para esse receptor:
a) a força contraeletromotriz e a resistência interna;
b) o rendimento, quando a corrente elétrica que o atravessa tem intensidade de 5 A.

Resolução:

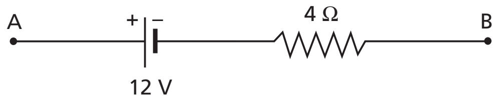
a) $\boxed{\varepsilon' = 30\ V}$ e $\boxed{r' = 6\ \Omega}$

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

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

Respostas: a) 30 V e 6 Ω; b) 50%

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



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

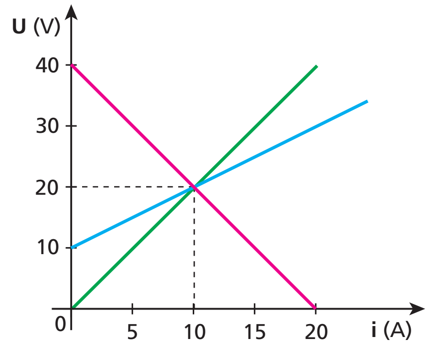
Resolução:
Como a ddp entre **A** e **B** é maior que 12 V, concluímos que o elemento é um receptor:

$U = \varepsilon' + r' i$

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

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

62 A figura a seguir representa as curvas características de um gerador, um receptor e um resistor.
Determine:
a) as resistências elétricas do resistor (R_1), do gerador (R_2) e do receptor (R_3);
b) os rendimentos elétricos do gerador e do receptor, quando estiverem operando sob corrente de 5 A.



Resolução:

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

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

• $\varepsilon' = 10\ V$

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

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

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

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

63 (Ufla-MG) Um motor elétrico (receptor), de resistência interna de 10 Ω, está ligado a uma tomada de 200 V, recebendo uma potência de 1 600 W. Calcule:
a) a potência elétrica dissipada internamente;
b) a força contraeletromotriz do motor;
c) o rendimento do motor.

Resolução:

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

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

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

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

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

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

Resolução:

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

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

Respostas: 0,5 Ω; 10 V

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

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

Resolução:

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

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

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

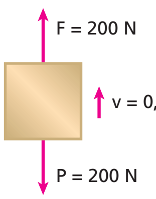
Resposta: a

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

a) a potência que o motor fornece ao bloco, considerando g = 10 m/s²;
b) a potência que o motor recebe da fonte de tensão;
c) a intensidade de corrente no motor.

Resolução:

a)



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

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

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

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

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

Resolução:

No gerador:

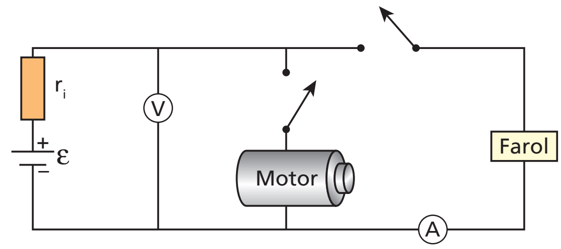
$\eta = \dfrac{Pot_u}{Pot_t} \Rightarrow 0{,}90 = \dfrac{Pot_u}{20} \Rightarrow Pot_u = 18\ \text{kW}$

No motor:

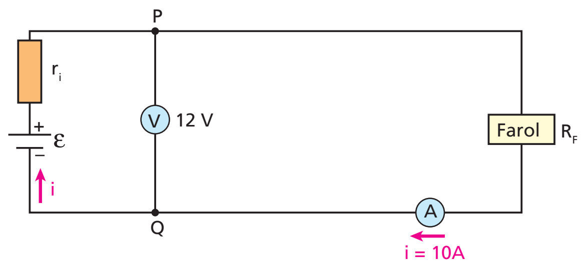
$\eta = \dfrac{Pot_u}{Pot_t} \Rightarrow 0{,}80 = \dfrac{Pot_u}{18} \Rightarrow \boxed{Pot_u = 14{,}4\ \text{kW}}$

Resposta: 14,4 kW

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

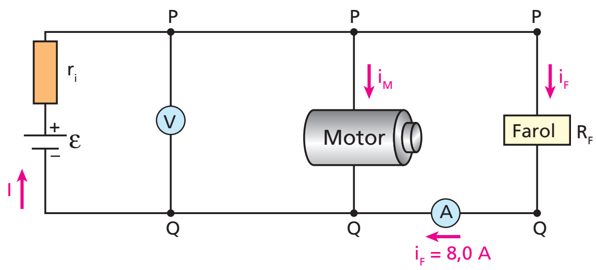


Resolução:



Supondo o voltímetro ideal, temos:

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



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

Resposta: 50 A

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

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

Resolução:

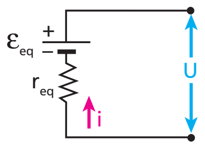
a) Como $\varepsilon_{eq} = n\,\varepsilon$, em que $n = 6$ e $\varepsilon = 2{,}0$ V, temos:

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

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

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

b)



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

Como i = 200 A:

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

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

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

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

a) em série; b) em paralelo.

Resolução:

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

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

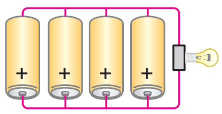
b) $\varepsilon_{eq} = \varepsilon \Rightarrow \boxed{\varepsilon_{eq} = 1{,}5\text{ V}}$

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

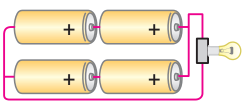
Respostas: a) 4,5 V e 0,9 Ω; b) 1,5 V e 0,1 Ω

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

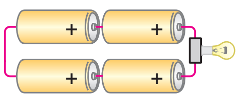
a)



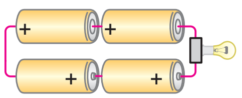
c)



b)



d)

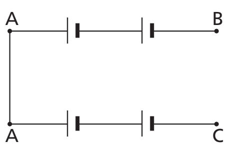


Qual é a ddp **U** entre os terminais da lâmpada em cada ligação?

Resolução:

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

b)



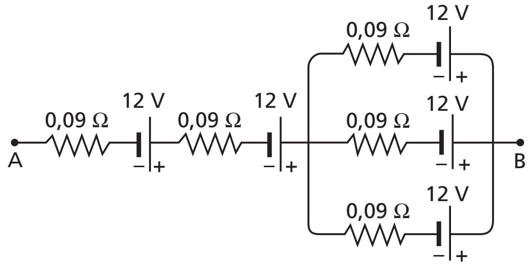
$$\left.\begin{aligned} V_B - V_A &= 3\text{ V} \\ V_C - V_A &= 3\text{ V} \end{aligned}\right\} \Rightarrow V_B = V_C \Rightarrow \boxed{U = 0}$$

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

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

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

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



Resolução:

• Para os três geradores em paralelo, temos:

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

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

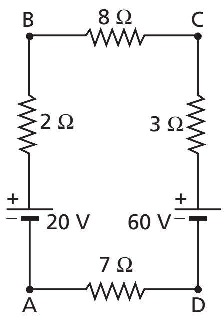
$\varepsilon_{AB} = 3 \cdot 12 \Rightarrow \boxed{\varepsilon_{AB} = 36\text{ V}}$

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

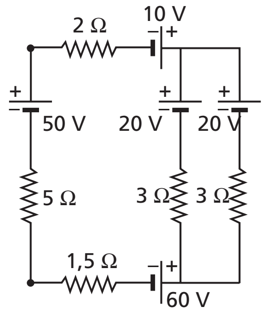
Respostas: 36 V e 0,21 Ω

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

a)



b)



Resolução:

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

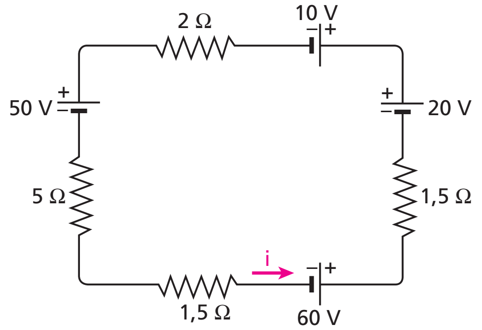
$$\Sigma\text{ fem} = \Sigma\text{ fcem} + R_{eq}\,i \quad \text{(I)}$$

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

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

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

Então, teremos:



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

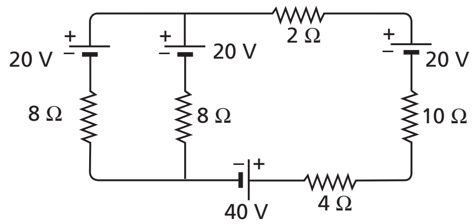
Temos que $\Sigma \text{ fem} = \Sigma \text{ fcem} + R_{eq}\, i$ (I)

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

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

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

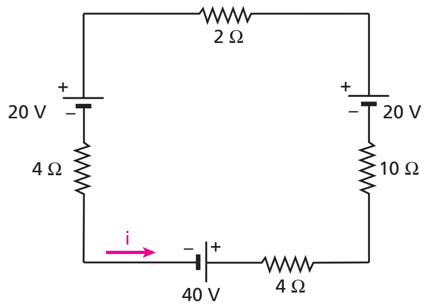
74 Calcule a maior intensidade de corrente elétrica no circuito a seguir, em que estão presentes quatro baterias.



Resolução:

• Duas baterias iguais em paralelo $\Rightarrow \varepsilon_{eq} = 20\text{ V}$ e $r_{eq} = 4\ \Omega$

•



Σ fem = 40 V + 20 V = 60 V

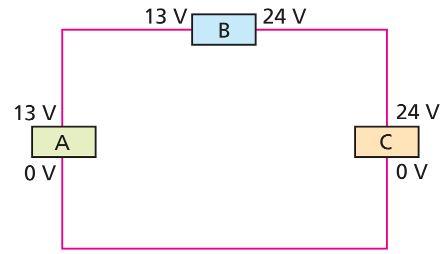
Σ fcem = 20 V

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

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

Resposta: 2 A

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

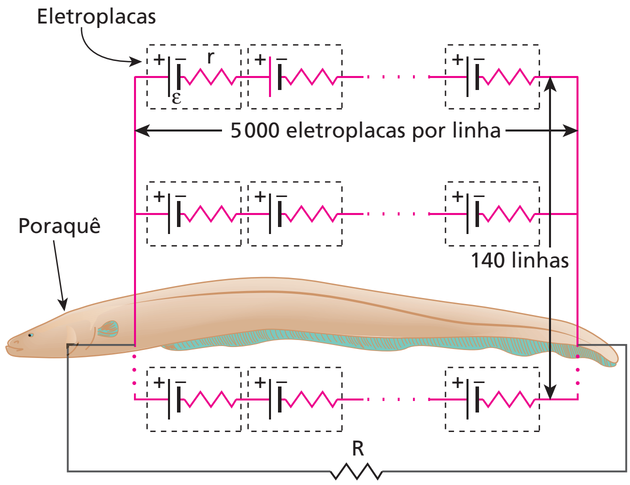


Resolução:

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

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

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



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

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

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

Resolução:

• Em cada linha:

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

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

• Nas 140 linhas em paralelo:

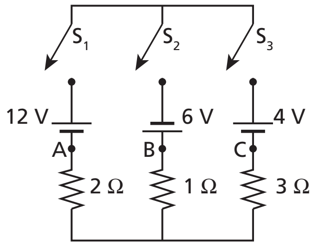
$\varepsilon_{EQ} = \varepsilon_{eq} = 750\text{ V}$

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

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

Resposta: c

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



Resolução:

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

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

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

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

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

Resolução:

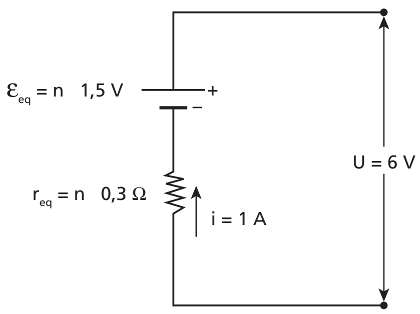
- $i_{CC} = \dfrac{\varepsilon}{r} \Rightarrow 30 = \dfrac{6}{r} \Rightarrow r = 0{,}2\ \Omega$
- $\boxed{\varepsilon_{eq} = \varepsilon = 6\text{ V}}$ e $r_{eq} = \dfrac{r}{n} = \dfrac{0{,}2}{4} \Rightarrow \boxed{r_{eq} = 0{,}05\ \Omega}$

Respostas: 6 V e 0,05 Ω

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

Resolução:

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



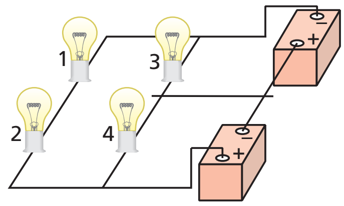
$U = \varepsilon_{eq} - r_{eq}\, i$

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

$n = 5$

Resposta: 5

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



O que o rapaz observou a partir desse momento foi:

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

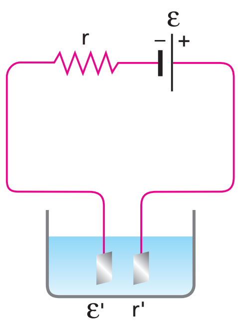
Resolução:

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

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

Resposta: e

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



Resolução:

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

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

Resposta: 2 A

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

Resolução:

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

Na partida:

Como i = 200 A e Δt = 5 s, temos:

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

Na recuperação:

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

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

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

Resolução:

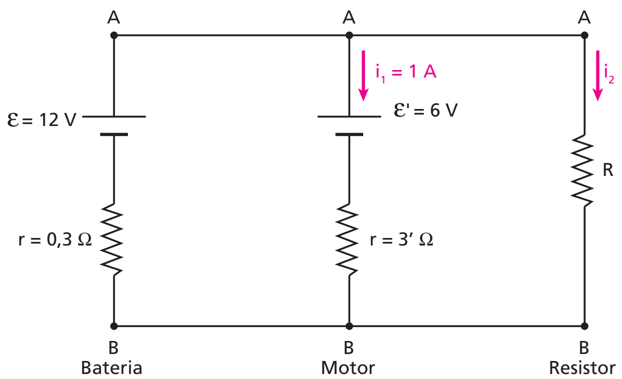
$\varepsilon = \varepsilon' + R_{eq}\, i$

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

Resposta: 6 A

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

Resolução:



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

$U_{AB} = 9$ V

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

$I = 10$ A

No resistor: $i_2 = 9$ A

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

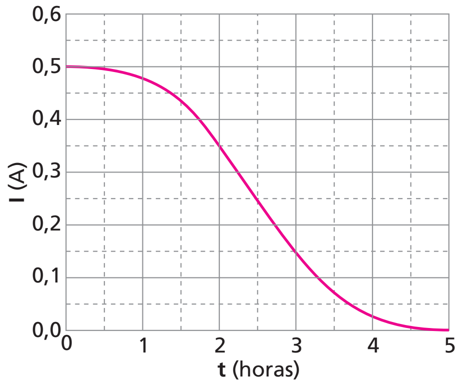
$\boxed{R = 1\ \Omega}$

Resposta: 1 Ω

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

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

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



Resolução:

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

Então:

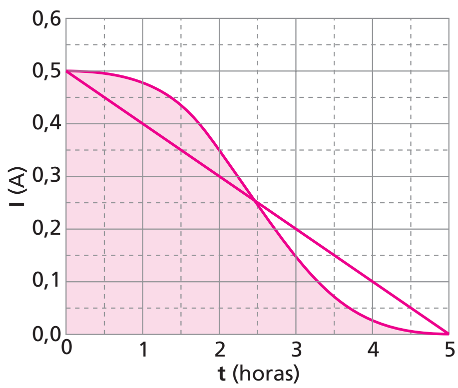
$Pot_{útil} = 0{,}12 \cdot 13\,000 \text{ W} = 1\,560 \text{ W} = 1{,}56 \text{ kW}$

$\Delta t = 5$ h

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

Energia gerada = 7,8 kWh

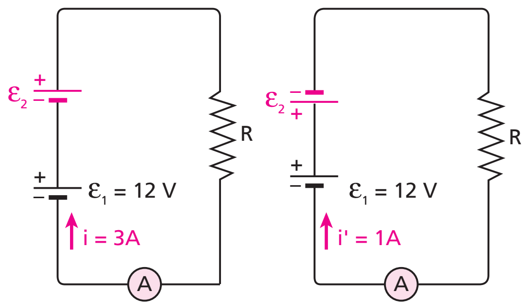
b) A carga é dada pela "área" entre o gráfico e o eixo **t**, que pode ser considerada igual à "área" do triângulo da figura:



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

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

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



Circuito 1 Circuito 2

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

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

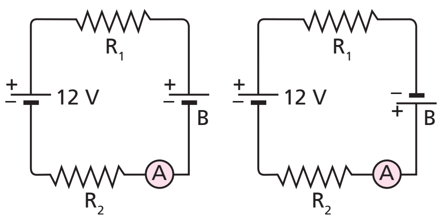
No circuito 2, a bateria de 12 V opera como geradora e a outra, como receptora:

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

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

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

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



Circuito I Circuito II

Resolução:
No circuito I:

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

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

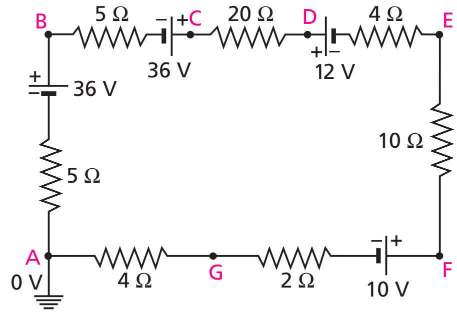
De (I) e (II), obtemos: $\varepsilon_B = 6$ V

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

Respostas: 6 V ou 24 V

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

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



Resolução:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

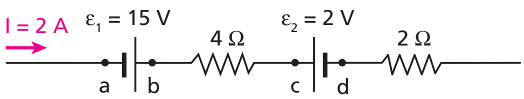
Observemos que de **G** a **A** ocorre mais uma queda, de $4\,i = 4 \cdot 1 = 4$ V, o que nos leva de volta ao potencial zero do qual partimos.

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

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

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

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



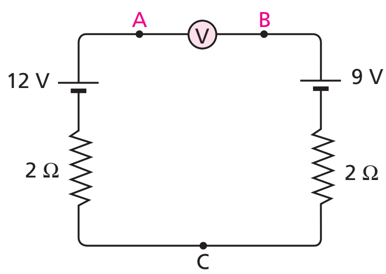
Resolução:
a) $\nu_d = \nu_a + \varepsilon_1 - 4\,I - \varepsilon_2$

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

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

Respostas: a) 5 V; b) 16 W

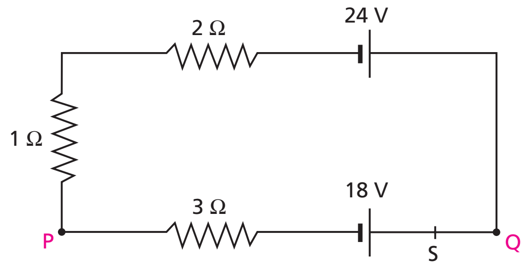
90 No circuito, determine a indicação U_{AB} do voltímetro, suposto ideal.



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

Resposta: 3 V

91 É dado o circuito a seguir:



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

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

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

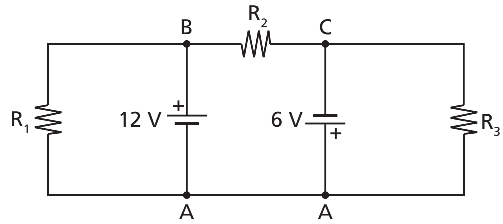
No receptor, temos:

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

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

Respostas: a) 21 V; b) 24 V

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

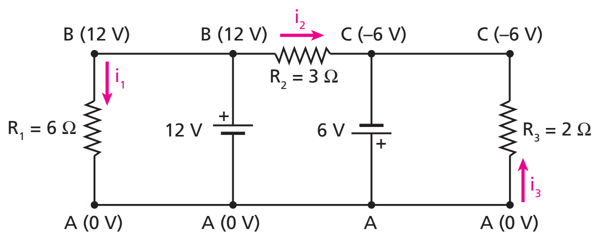


Calcule as intensidades e os sentidos das correntes elétricas em R_1, R_2 e R_3.

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

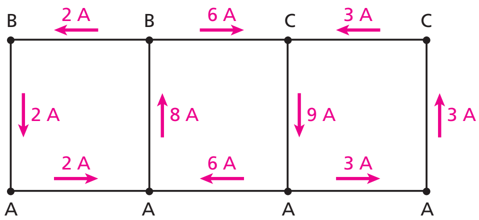
$\nu_B = \nu_A + 12\text{ V} = 12\text{ V}$ (na bateria de 12 V)

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



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

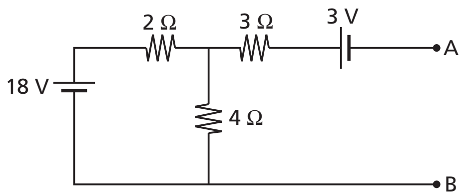
- em R_1: $i_1 = \frac{12 - 0}{6}$ $\Rightarrow$ $\boxed{i_1 = 2\text{ A, de } \mathbf{B} \text{ para } \mathbf{A}}$
- em R_2: $i_2 = \frac{12 - (-6)}{3}$ $\Rightarrow$ $\boxed{i_2 = 6\text{ A, de } \mathbf{B} \text{ para } \mathbf{C}}$
- em R_3: $i_3 = \frac{0 - (-6)}{2}$ $\Rightarrow$ $\boxed{i_3 = 3\text{ A, de } \mathbf{A} \text{ para } \mathbf{C}}$



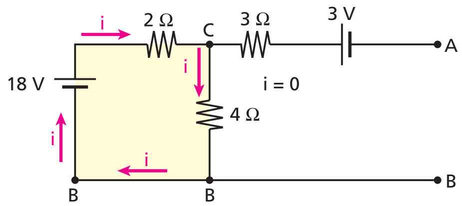
Respostas: Em R_1: 2 A, de **B** para **A**; em R_2: 6 A, de **B** para **C**; em R_3: 3 A, de **A** para **C**

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

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



Resolução:



- $i = \frac{18}{2 + 4}$ $\Rightarrow$ $i = 3\text{ A}$
- Percorrendo o circuito de **B** até **A**, passando, por exemplo, pelo gerador de 18 V, temos:

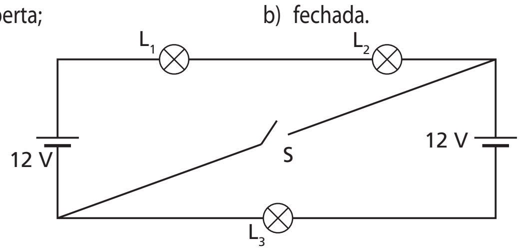
$\nu_B + 18 - 2\,i - 3 = \nu_A$

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

Resposta: e

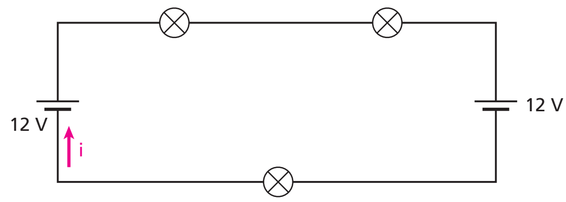
94 (EEM-SP) O circuito da figura tem dois geradores ideais e três lâmpadas incandescentes L_1, L_2 e L_3, de resistências 1,0 Ω, 2,0 Ω e 3,0 Ω, respectivamente. Determine qual lâmpada apresenta maior intensidade luminosa quando a chave **S** estiver:

a) aberta; b) fechada.



Resolução:

a)

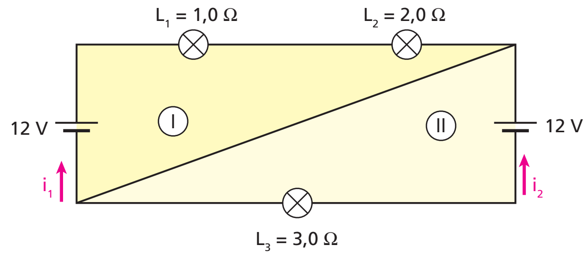


$\varepsilon = \varepsilon' + R_{eq}\, i$

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

Portanto, as três lâmpadas estão apagadas.

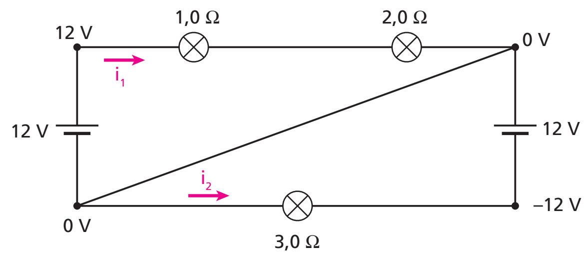
b)



- No circuito **I**: $i_1 = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{12}{1{,}0 + 2{,}0}$ $\Rightarrow$ $\boxed{i_1 = 4{,}0\text{ A}}$
- No circuito **II**: $i_2 = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{12}{3{,}0}$ $\Rightarrow$ $\boxed{i_2 = 4{,}0\text{ A}}$
- Como $Pot = R\, i^2$ e **i** é igual em todas as lâmpadas:

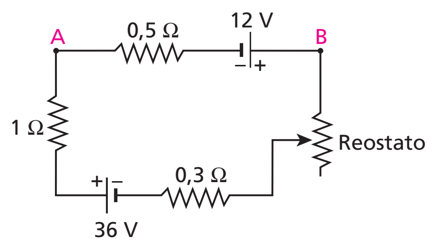
R maior Pot maior $\Rightarrow$ $\boxed{L_3}$

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



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

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



Resolução:

No circuito dado, há dois geradores.

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

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

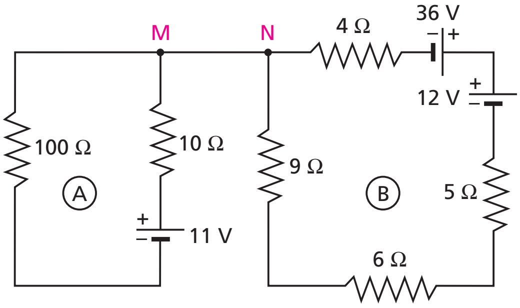
$0 = 12 - 0{,}5\, i$ $\Rightarrow$ $i = 24\text{ A}$

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

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

Resposta: 0,2 Ω

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



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

Resolução:

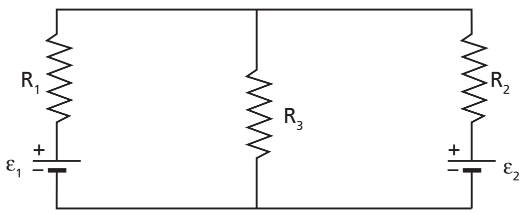
No circuito **A**: $i_A = \dfrac{11}{100 + 10} \Rightarrow i_A = 0{,}1\ A$

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

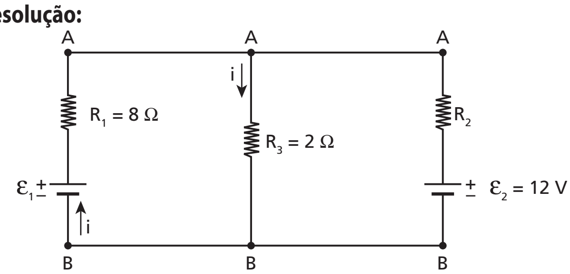
No fio **MN**: $i_{MN} = 0$

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

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



Resolução:



Corrente nula na fonte de tensão ε_2:

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

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

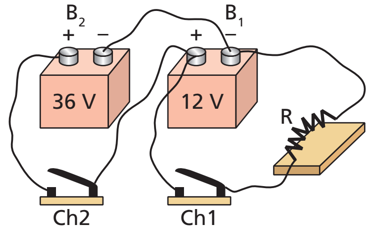
Na fonte de tensão ε_1: $U_{AB} = \varepsilon_1 - R_1\, i$

$12 = \varepsilon_1 - 8 \cdot 6$

$\varepsilon_1 = 60\ V$

Resposta: 60 V

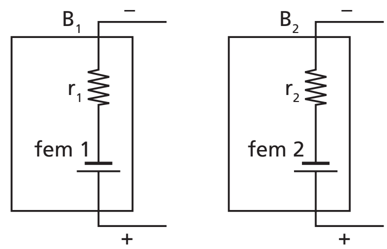
98 (Fuvest-SP) Um sistema de alimentação de energia de um resistor $R = 20\ \Omega$ é formado por duas baterias, B_1 e B_2, interligadas através de fios, com as chaves Ch1 e Ch2, como representado na figura. A bateria B_1 fornece energia ao resistor, enquanto a bateria B_2 tem a função de recarregar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



a) O valor da corrente I_1, em ampères, que percorre o resistor **R**, durante o tempo em que a chave Ch1 permanece fechada.
b) A carga **Q**, em **C**, fornecida pela bateria B_1, durante o tempo em que a chave Ch1 permanece fechada.
c) o intervalo de tempo **T**, em **s**, em que a chave Ch2 permanece fechada.

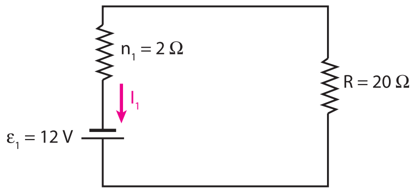
Note e adote:

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



Resolução:

a)



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

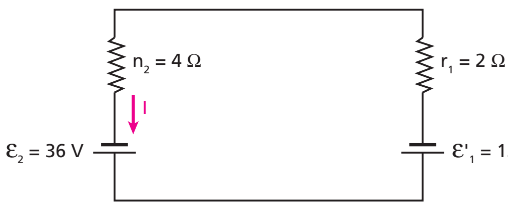
$12 = (2 + 20) \cdot I_1$

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

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

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

c)



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

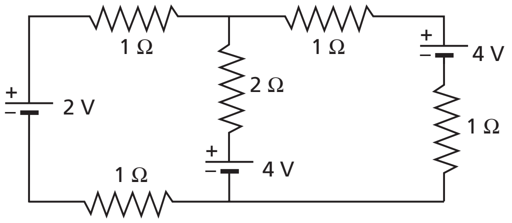
$36 = 12 + (4+2)\, I \Rightarrow I = 4\ A$

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

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

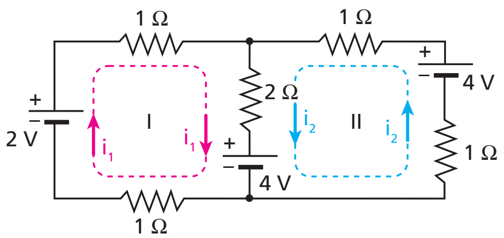
Respostas: a) 0,55 A; b) 55 C; c) 14 s

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



Resolução:

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



Em seguida, para cada "caminho", aplicamos:

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

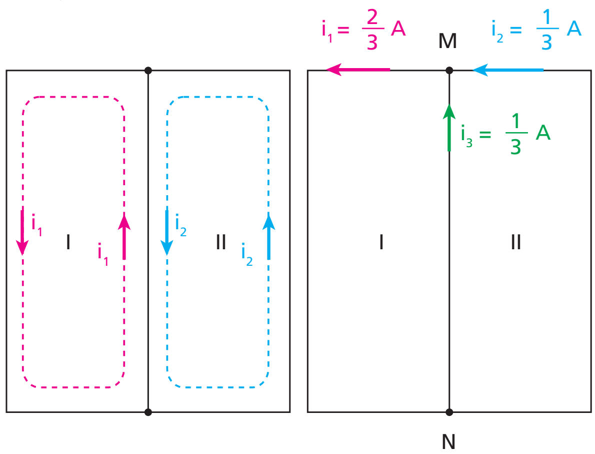
$$\left.\begin{array}{l} \text{I: } 2 = 4 + 4\,i_1 + 2\,i_2 \\ \text{II: } 4 = 4 + 4\,i_2 + 2\,i_1 \end{array}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} 4\,i_1 + 2\,i_2 = -2 \\ 2\,i_1 + 4\,i_2 = 0 \end{array}\right.$$

Resolvendo esse sistema de equações, obtemos:

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

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

Temos, então:



Sentidos corretos.

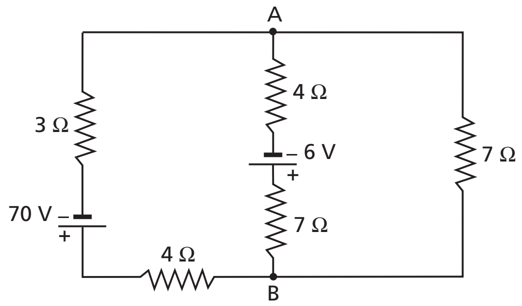
No trecho comum, a intensidade da corrente é a diferença entre i_1 e i_2.

No trecho comum, temos:

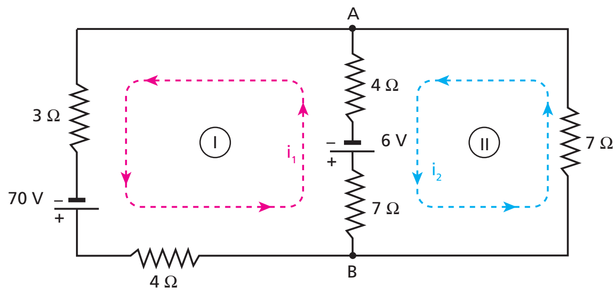
$$i_3 = i_1 - i_2 = \frac{1}{3}\text{A para cima.}$$

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

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



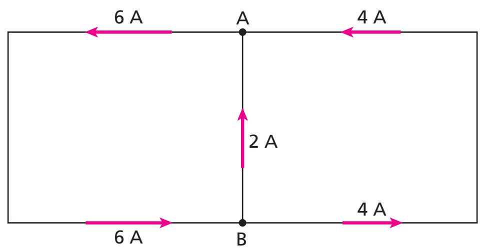
Resolução:



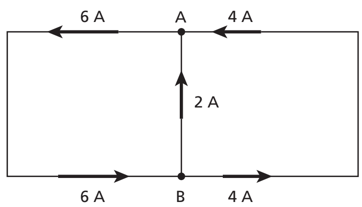
$\Sigma\ \text{fem} = \Sigma\ \text{fcem} + R_{eq} \cdot i_{\text{do "caminho"}} \pm R_{\text{do trecho comum}} \cdot i_{\text{do "caminho" ao lado}}$

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

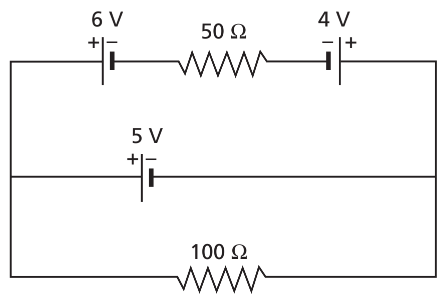
Assim:



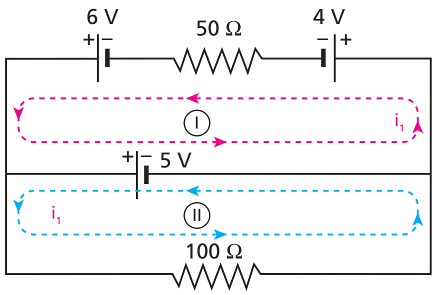
Resposta:



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

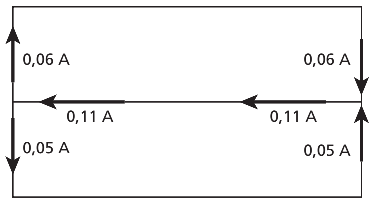


Resolução:

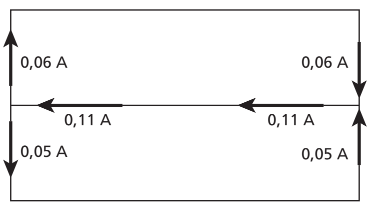


$$\left.\begin{aligned}&\textbf{I: } 6 = 9 + 50\, i_1\\&\textbf{II: } 0 = 5 + 100\, i_2\end{aligned}\right\} \Rightarrow i_1 = -0{,}06 \text{ A e } i_2 = -0{,}05 \text{ A}$$

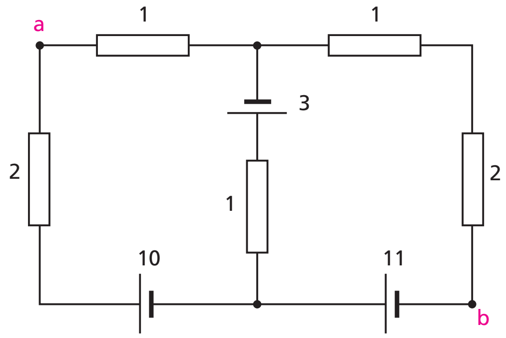
Assim:



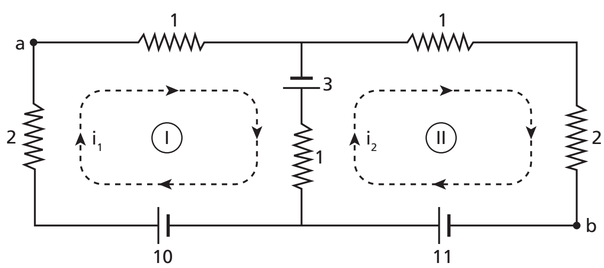
Respostas:



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

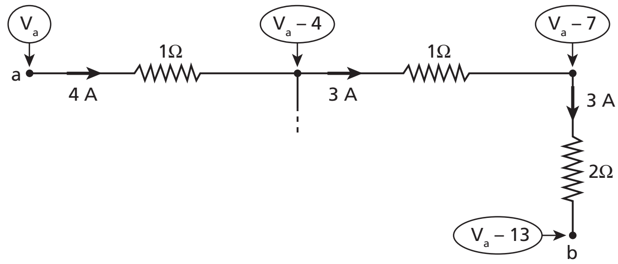


Resolução:



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

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

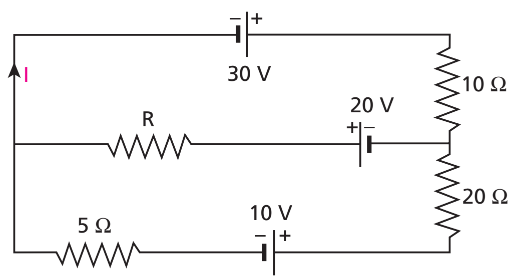


$V_b = V_a - 13 \ \Rightarrow \ V_a - V_b = 13 \text{ V}$

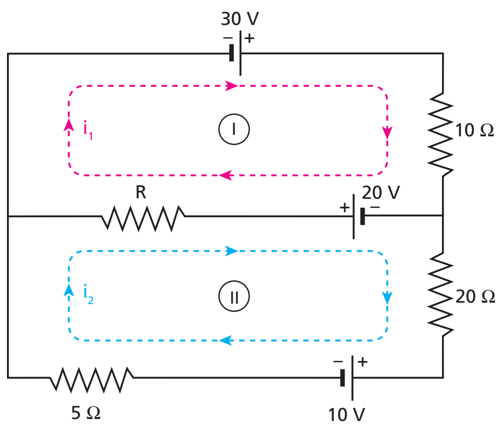
Resposta: 13 V

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

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



Resolução:



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

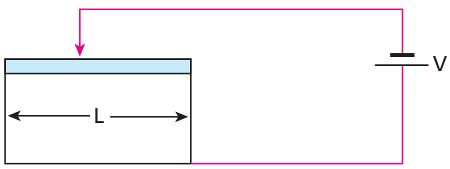
$$\left.\begin{aligned}&\textbf{I: } 30 + 20 = (10 + R)\, i_1 - R i_2 \Rightarrow 50 = (10 + R) \cdot 2 - R i_2\\&\textbf{II: } 0 = 30 + (R + 25)\, i_2 - R i_1 \Rightarrow 0 = 30 + (R + 25)\, i_2 - 2R\end{aligned}\right\} \Rightarrow$$

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

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

Resposta: e

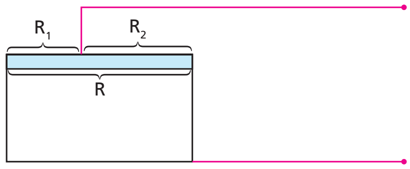
104 (Fuvest-SP) Considere o circuito a seguir, alimentado por uma bateria que fornece tensão **V**. Ele contém um elemento resistivo sob a forma de um fio metálico uniforme de comprimento **L**. O cursor pode variar de posição, deslizando sobre o fio. Determine a posição do cursor, para a qual a potência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



Resolução:

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

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



Observando que R_1 e R_2 estão em paralelo, temos:

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

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

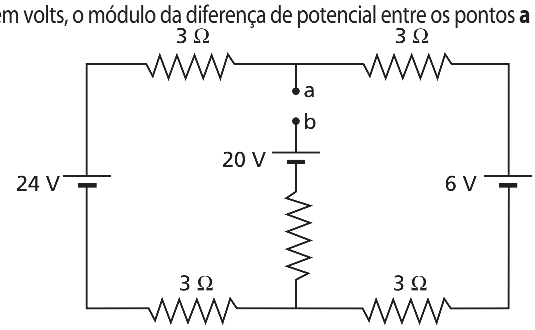
$$R_1 = \frac{-b}{2a} = \frac{-R}{2 \cdot (-1)} = \frac{R}{2} \text{ (abscissa do vértice da parábola)}$$

Conclusão:

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

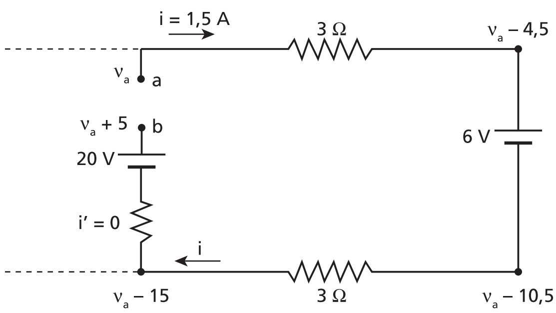
Resposta: Ponto médio do fio de comprimento **L**.

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



Resolução:

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



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

Resposta: 5 V

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

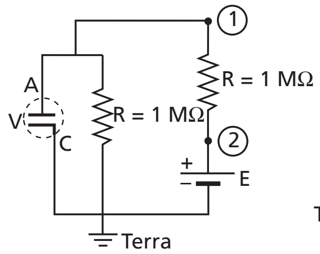


Figura 1

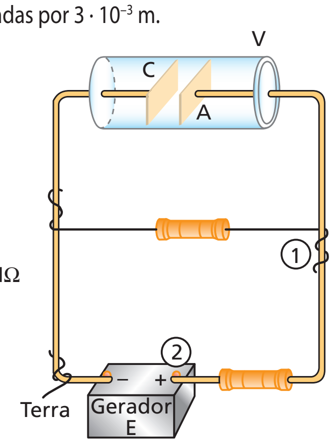


Figura 2

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

a) a intensidade de corrente entre o cátodo **C** e o ânodo **A**;
b) a velocidade com que os elétrons atingem o ânodo **A**;
c) a intensidade da força que atuou em um elétron, na trajetória entre o cátodo e o ânodo, admitindo que na região o campo elétrico seja uniforme.
Adote, nos cálculos: massa do elétron = 10^{-30} kg
e carga do elétron = 10^{-19} C.

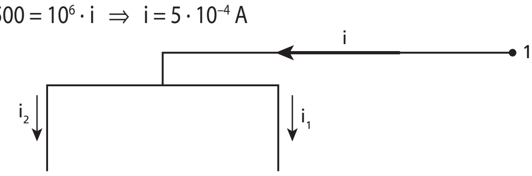
Resolução:

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

$$U = V_2 - V_1 = 800 - 300 \Rightarrow U = 500\text{ V}$$

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

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



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

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

Como $i = i_1 + i_2$, temos:

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

b) Pelo Teorema da Energia Cinética, temos:

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

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

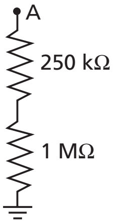
$$\boxed{v = 7{,}8 \cdot 10^6\text{ m/s}}$$

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

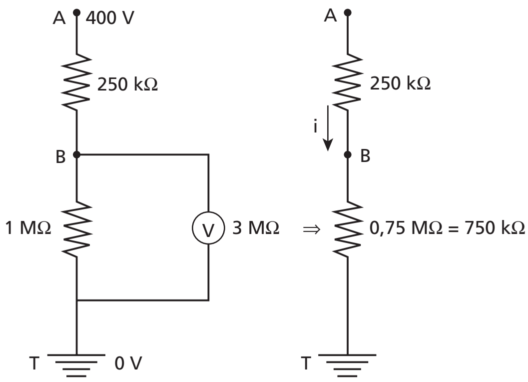
$\boxed{F = 10^{-14}\ \text{N}}$

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

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



Resolução:



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

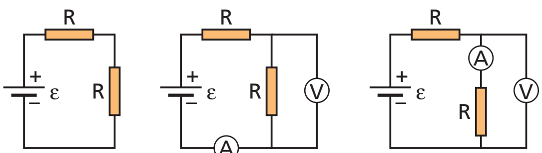
$U_{BT} = R_{BT}\, i \Rightarrow U_{BT} = 750\ \text{k}\Omega\ \ 0{,}4\ \text{mA}$

$U_{BT} = 300\ \text{V}$

Resposta: 300 V

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

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

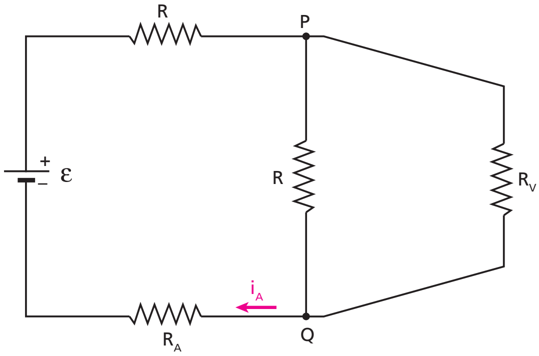


(1) (2) (3)

Resolução:

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

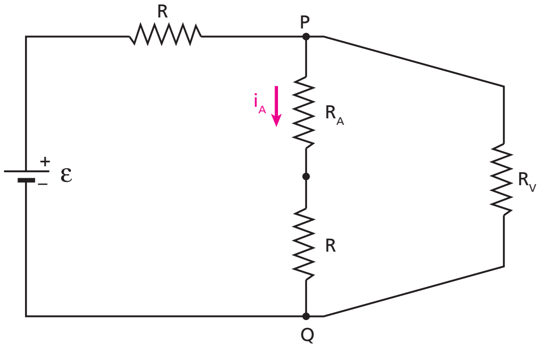
No circuito (2):



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

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

No circuito (3):



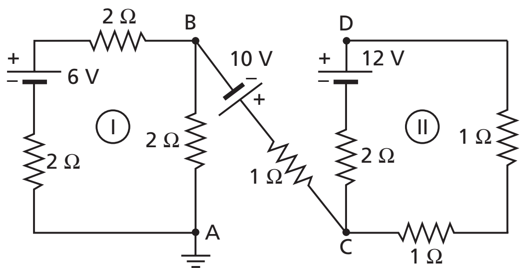
$i_A = \dfrac{U_{PQ}}{R_A + R} = \dfrac{U_V}{R_A + R}$

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

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

Resposta: c

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



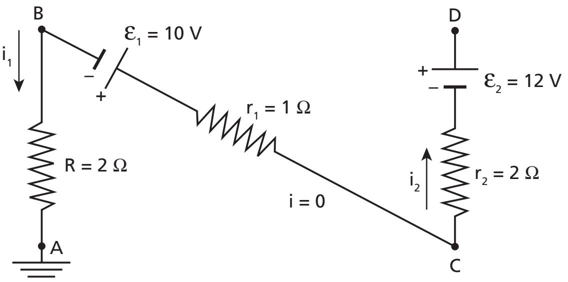
Resolução:

No circuito I, temos:

$6 = (2 + 2 + 2)\ i_1 \Rightarrow i_1 = 1\ \text{A}$ (sentido horário)

No circuito II, temos:

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



$\nu_A = 0$

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

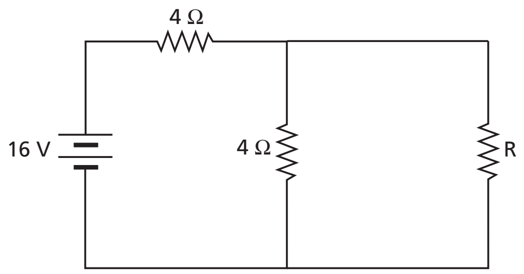
$\nu_C - \nu_B = \varepsilon_1 \Rightarrow \nu_C - 2 = 10 \Rightarrow \nu_C = 12\ V$

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

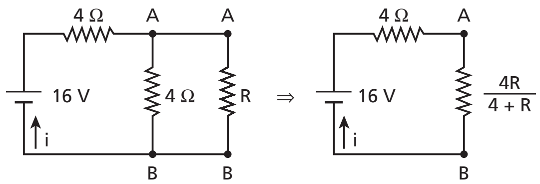
$\nu_D = 18\ V$

Resposta: 18 V

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



Resolução:



(I) (II)

Em **II**:

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

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

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

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

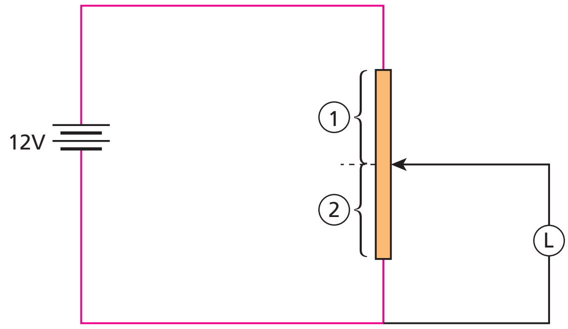
$$Pot = \frac{64}{R + 4 + 4R^{-1}}$$

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

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

Resposta: 2 Ω

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

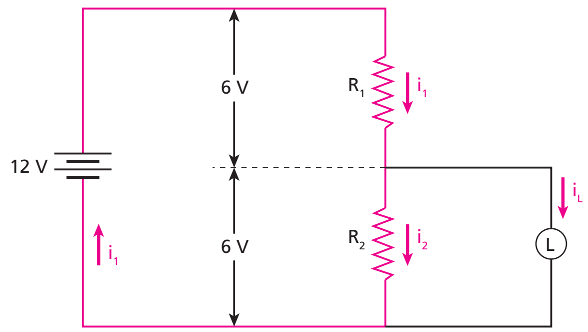


Calcule as intensidades i_1 e i_2 das correntes elétricas nos trechos **1** e **2** do reostato. A máxima intensidade de corrente em qualquer ponto do reostato não pode ultrapassar 2,0 A.

Resolução:

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

•



• $R_1 + R_2 = 15\ \Omega$

• $R_1 i_1 = 6{,}0 \Rightarrow i_1 = \dfrac{6{,}0}{R_1}$

• $R_2 i_2 = 6{,}0 \Rightarrow i_2 = \dfrac{6{,}0}{R_2} = \dfrac{6{,}0}{15 - R_1}$

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

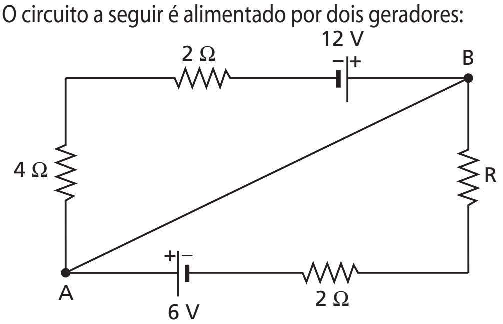
$R_2 = 9{,}65\ \Omega$

• $i_1 = \dfrac{6{,}0}{R_1} = \dfrac{6{,}0}{5{,}35} \Rightarrow \boxed{i_1 = 1{,}12\ A}$

• $i_2 = \dfrac{6{,}0}{R_2} = \dfrac{6{,}0}{9{,}65} \Rightarrow \boxed{i_2 = 0{,}62\ A}$

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

112 O circuito a seguir é alimentado por dois geradores:



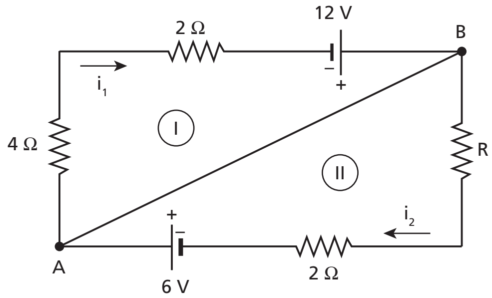
Determine:

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

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

Resolução:

a)

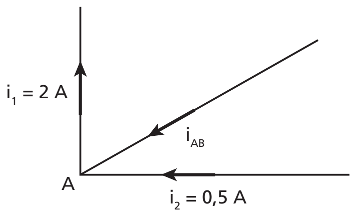


Em **I**, temos: $i_1 = \frac{12}{6} \Rightarrow i_1 = 2\ A$

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

$i_{AB} + i_2 = i_1$

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



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

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

Respostas: a) 1,5 A; b) 1 Ω

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

a) a potência que o motor fornece à bomba;

b) a corrente no motor.

Resolução:

a) Potência útil da bomba:

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

$Pot_u = 50\ W$

Potência recebida pela bomba (total):

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

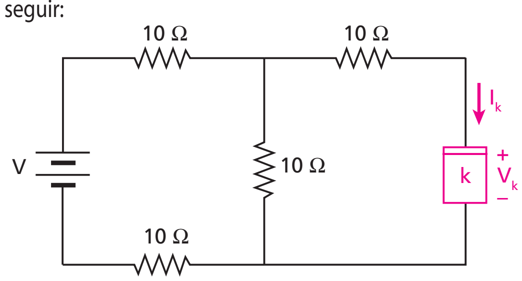
b) No motor, temos:

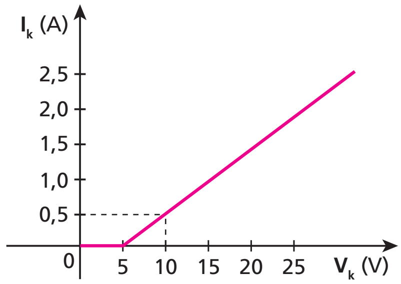
$$\eta' = \frac{Pot'_u}{Pot'_t} \Rightarrow 0,8 = \frac{100}{Pot'_t} \Rightarrow Pot'_t = 125\ W$$

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

Respostas: a) 100 W; b) 5 A

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





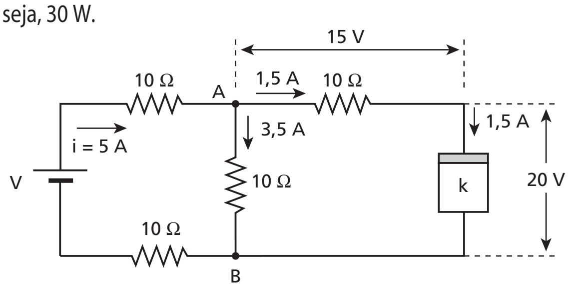
Determine o maior valor positivo que se pode permitir para a tensão **V** da bateria.

Resolução:

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

$Pot_k = V_k I_k$

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



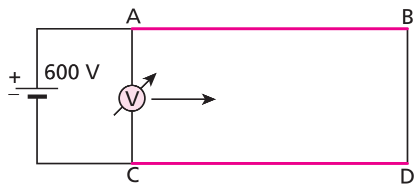
$U_{AB} = 10\,i' \Rightarrow 15 + 20 = 10\,i' \Rightarrow i' = 3,5\ A$

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

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

Resposta: 135 V

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



a) Qual a corrente que circula através do circuito?

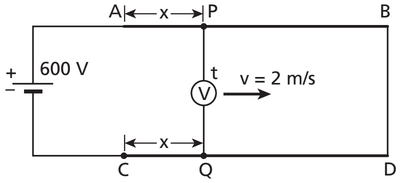
b) Construa o gráfico da voltagem acusada pelo voltímetro durante o seu movimento, em função do tempo.

Resolução:

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

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

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



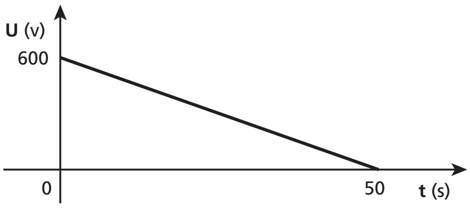
Temos: $x = vt = 2t$

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

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

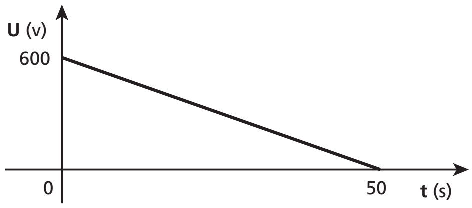
$U = 600 - 3x \cdot 2 = 600 - 6x = 600 - 6 \cdot 2t$

$U = 600 - 12t$ (SI)

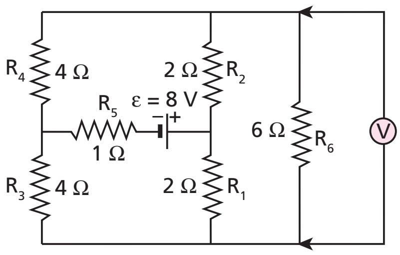


Respostas: a) 2 A

b)



116 Monta-se o circuito esquematizado na figura:



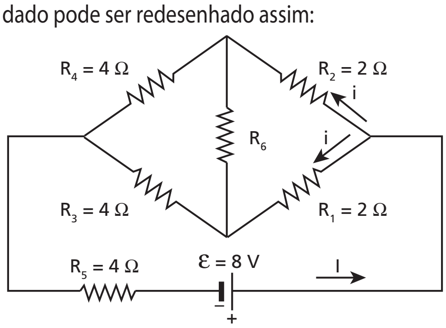
a) Qual a leitura indicada pelo voltímetro **V**, suposto ideal?

b) Qual a potência dissipada em cada um dos resistores?

c) Qual o valor máximo que poderá ter a força eletromotriz ε' de um gerador que substitua o gerador dado, para que a potência dissipada em qualquer resistor não exceda 8 watts?

Resolução:

O circuito dado pode ser redesenhado assim:



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

O voltímetro indica zero.

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

$i = 1A$

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

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

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

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

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

Em R_6: $Pot_6 = 0$

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

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

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

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

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

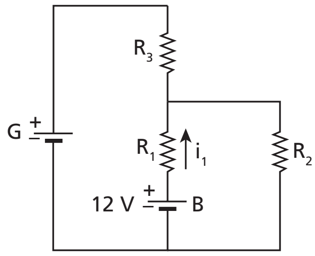


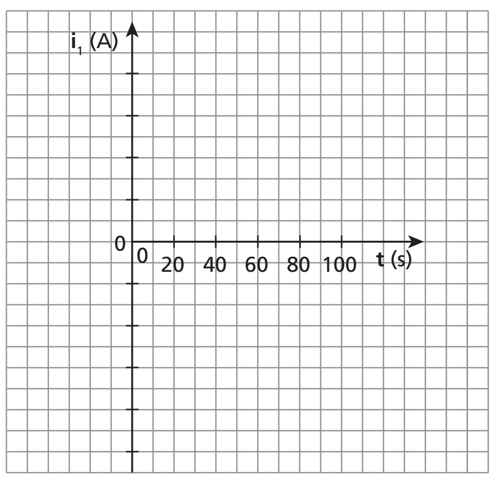
Fig. 1

a) Determine o valor da corrente i_1 para t = 0 s.

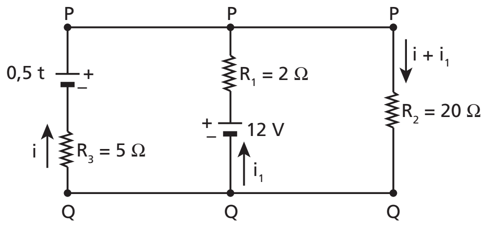
b) Determine o instante t_0 em que a corrente i_1 é nula.

c) Copie a figura a seguir e trace a curva que representa a corrente i_1 em função do tempo **t**, no intervalo de 0 a 100 s, indicando claramente a escala da corrente, em ampère (A).

d) Determine o valor da potência **P** recebida ou fornecida pela bateria **B** no instante t = 90 s.



Resolução 1:
Supondo **B** e **G** operando como geradores e redesenhando o circuito, temos:



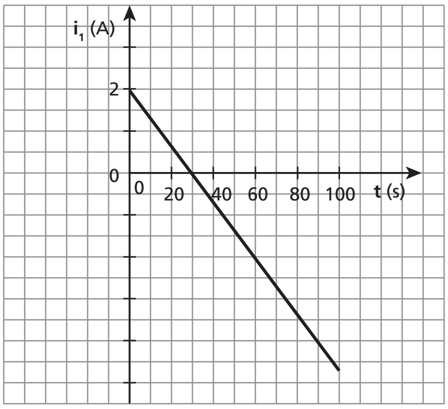
Entre os pontos **P** e **Q**, podemos escrever:

$$\left.\begin{array}{l} 0{,}5t - 5i = 12 - 2\,i_1 \\ 12 - 2\,i_1 = 20\,(i + i_1) \end{array}\right\} \Rightarrow\ i_1 = 2 - \frac{t}{15}\ \text{(SI)}$$

a) Fazendo t = 0 na expressão de i_1, obtemos:
$i_1 = 2$ A

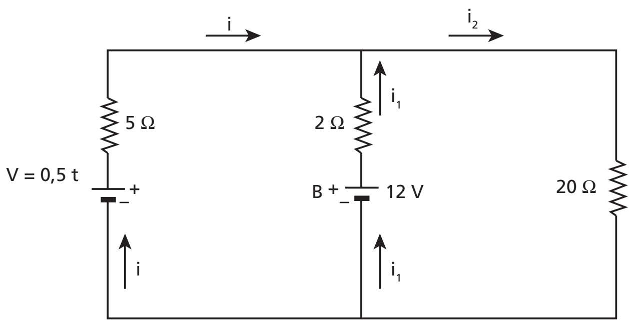
b) Impondo $i_1 = 0$:
$2 - \frac{t_0}{15} = 0 \ \Rightarrow\ t_0 = 30$ s

c)

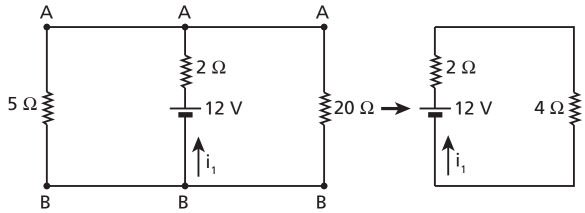


d) Para t = 90 s:
$i_1 = 2 - \frac{90}{15} \ \Rightarrow\ i_1 = -4$ A
Sendo $i_1 < 0$, a bateria está operando como receptor elétrico, recebendo a potência:
$P = 12\,|i_1| = 12 \cdot 4 \ \Rightarrow\ \text{Pot} = 48$ W

Resolução 2:

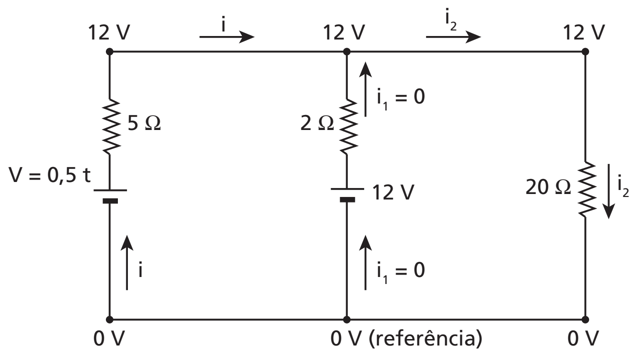


a) **Para t = 0:** $V = 0{,}5\,t = 0{,}5 \cdot 0 = 0$
Mesmo não gerando, entretanto, um gerador é **um condutor**. Além disso, em boas condições, pode ser considerado **ideal**:



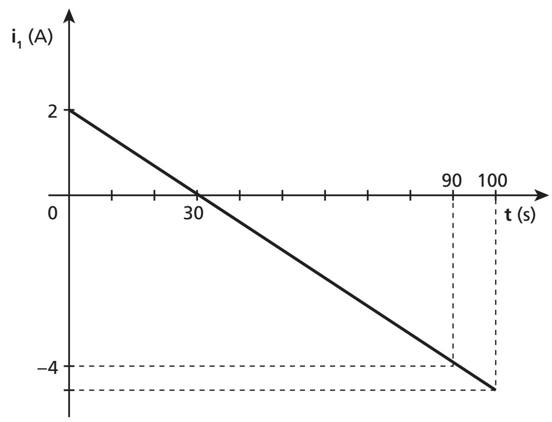
5 Ω e 20 Ω em paralelo: 4 Ω
$\varepsilon = R_{eq}\ i_1 \ \Rightarrow\ 12 = (4 + 2)\,i_1 \ \Rightarrow\ i_1 = 2$ A

b) $\mathbf{i_1 = 0}$**:**



No resistor de 20 Ω: $U = R\,i_2$
$12 = 20\,i_2 \ \Rightarrow\ i_2 = 0{,}6$ A
$\therefore\ i = 0{,}6$ A
No gerador V = 0,5 t:
$U = \varepsilon - r\,i$
$12 = 0{,}5\,t_0 - 5 \cdot 0{,}6 \ \Rightarrow\ 0{,}5\,t_0 = 15$
$t_0 = 30$ s

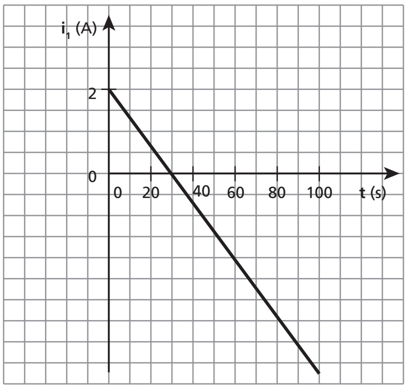
c) Como a única fem variável (0,5 t) é função de primeiro grau em **t**, o gráfico pedido é, com certeza, um segmento de reta:



d) **Em t = 90 s:** $i_1 = -4$ A $\left(\text{B} \quad \downarrow i_1 < 0\right)$

Então, **B** passou a ser um receptor elétrico.
$P = \varepsilon'\,|i_1| = 12 \cdot 4 \ \Rightarrow\ P = 48$ W
(recebida)

Respostas: a) 2 A
b) 30 s
c)



d) 48 W, recebida pela bateria

$v_A - v_C = 20 - 2i \Rightarrow 20 - 2i > 8 \Rightarrow$ **$i < 6$ A**

$\varepsilon = R_{eq}\, i \Rightarrow 20 = (2 + 1 + R)\, i$

$i = \dfrac{20}{3 + R} < 6 \Rightarrow R > \dfrac{1}{3}\,\Omega$

Portanto:

- para $R > \dfrac{1}{3}\,\Omega$, o diodo não conduz;
- para $R \leqslant \dfrac{1}{3}\,\Omega$, o diodo conduz.

a) $R = 2\,\Omega$: o diodo não conduz.
$20 = (2 + 1 + 2)\, i \Rightarrow i = 4$ A

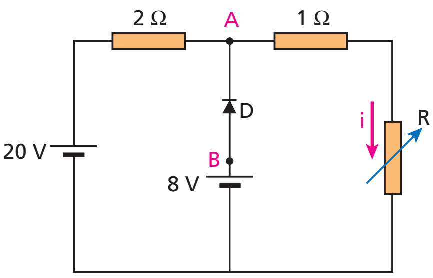
b) $R = 0$: o diodo conduz.
$U_{AC} = (R + 1)\, i_0 \Rightarrow 8 = (0 + 1)\, i_0 \Rightarrow i_0 = 8$ A

c) $R = \dfrac{1}{3}\,\Omega$

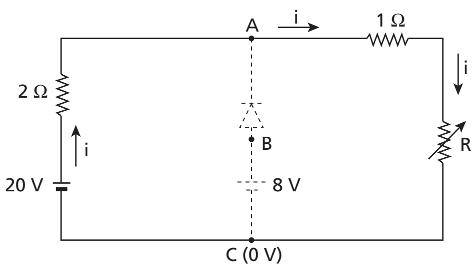
Respostas: a) 4 A; b) 8 A; c) $\dfrac{1}{3}\,\Omega$

118 (Fuvest-SP) No circuito da figura a seguir, o componente **D**, ligado entre os pontos **A** e **B**, é um diodo. Esse dispositivo se comporta, idealmente, como uma chave controlada pela diferença de potencial entre seus terminais. Sejam V_A e V_B as potenciais dos pontos **A** e **B**, respectivamente.
Se $V_B < V_A$, o diodo se comporta como uma chave aberta, não deixando fluir nenhuma corrente através dele, e se $V_B \geqslant V_A$, o diodo se comporta como uma chave fechada, de resistência tão pequena que pode ser desprezada, ligando o ponto **B** ao ponto **A**. O resistor **R** tem uma resistência variável de 0 a 2 Ω. Nesse circuito, determine o valor da:

a) corrente **i** através do resistor **R**, quando a sua resistência é 2 Ω.
b) corrente i_0 através do resistor **R**, quando a sua resistência é zero.
c) resistência **R** para a qual o diodo passa do estado de condução para o de não-condução e vice-versa.



Resolução:
Suponhamos que o diodo **não** esteja conduzindo:

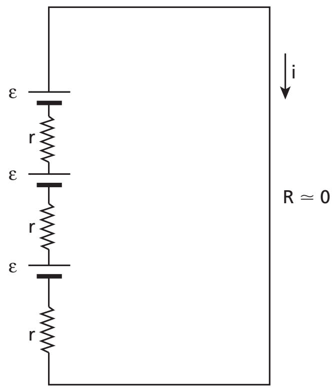


Considerando nulo o potencial elétrico no ponto **C**, temos:
$v_C = 0 \Rightarrow v_B = 8$ V $\Rightarrow v_A > 8$ V (pois $v_B < v_A$)

119 Deseja-se gerar a máxima corrente elétrica possível em um curto e grosso fio de cobre, dispondo-se de três pilhas iguais, cada uma com 1,5 V de força eletromotriz e 0,1 Ω de resistência interna. Como essas três pilhas devem ser associadas?

Resolução:
A informação "curto e grosso fio de cobre" sugere que a resistência elétrica do fio é extremamente pequena ($R \simeq 0$). O exercício resolvido **42** do Tópico 1 de **Eletrodinâmica** confirma isso.
Vamos analisar as quatro possibilidades:

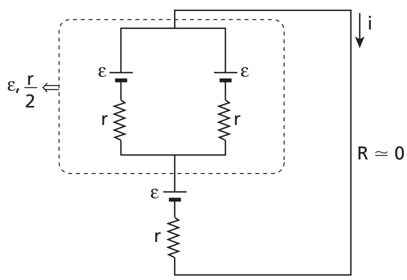
1ª)



$i = \dfrac{3\varepsilon}{3r} = \dfrac{\varepsilon}{r}$

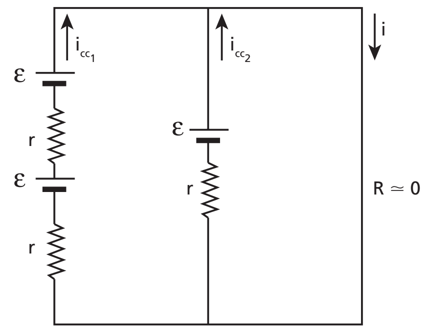
Note que, se fosse usada uma única pilha, a corrente teria essa mesma intensidade.

2ª)



$i = \dfrac{2\varepsilon}{r + \dfrac{r}{2}} = \dfrac{4\varepsilon}{3r}$

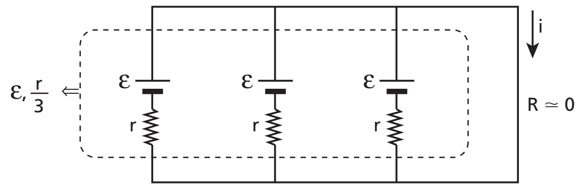
3ª)



$$i = i_{cc_1} + i_{cc_2} = \frac{2\varepsilon}{2r} + \frac{\varepsilon}{r}$$

$$i = \frac{2\varepsilon}{r}$$

4ª)



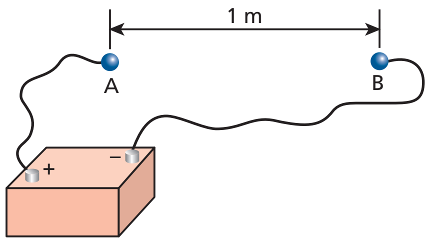
$$i = \frac{\varepsilon}{\frac{r}{3}} = \frac{3\varepsilon}{r}\ (i_{máx})$$

Observação:

- Para a obtenção de corrente máxima num resistor de resistência **R**, a associação de geradores em série é a adequada quando **R** é maior que a resistência interna **r** de cada gerador. Quando, porém, **R** é menor que **r**, a associação adequada passa a ser em paralelo.

Resposta: Todas em paralelo.

120 Por meio de fios condutores, duas pequenas esferas metálicas, **A** e **B**, de raios iguais a 1 cm, foram ligadas aos polos de uma bateria de força eletromotriz igual a 5 400 V, como mostra a figura:



Calcule a força de atração eletrostática entre as esferas, considerando a constante eletrostática do meio igual a $9 \cdot 10^9$ unidades SI.

Resolução:

$$\nu_A - \nu_B = \varepsilon$$

$$\frac{KQ}{R_A} - \frac{K(-Q)}{R_B} = \varepsilon$$

$$\frac{9 \cdot 10^9\,Q}{10^{-2}} = \frac{9 \cdot 10^9\,Q}{10^{-2}} = 5400$$

$$18 \cdot 10^9\,Q = 54 \Rightarrow Q = \frac{54}{18 \cdot 10^9}$$

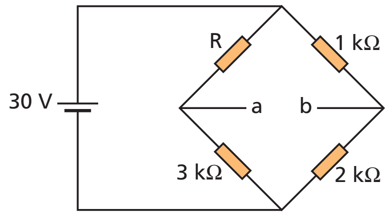
$$Q = 3 \cdot 10^{-9}\,C$$

$$F = \frac{K\,|Q_A| \cdot |Q_B|}{d^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-9} \cdot 3 \cdot 10^{-9}}{1}$$

$$F = 8{,}1 \cdot 10^{-8}\,N$$

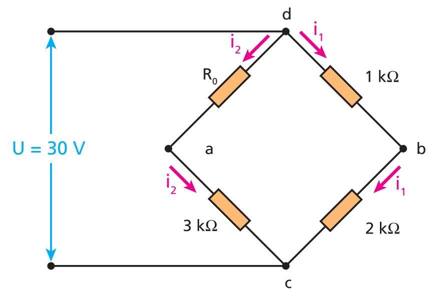
Resposta: $8{,}1 \cdot 10^{-8}$ N

121 (Olimpíada Paulista de Física) A ponte de resistores da figura abaixo apresenta, na temperatura ambiente, uma tensão $V_a - V_b = 2{,}5$ V entre os terminais **a** e **b**. Considerando que a resistência **R** está imersa em um meio que se aquece a uma taxa de 10 graus Celsius por minuto, determine o tempo que leva para que a tensão entre os terminais **a** e **b** da ponte se anule. Considere para a variação da resistência com a temperatura um coeficiente de resistividade de $4{,}1 \cdot 10^{-3}\,K^{-1}$.



Resolução:

• Simbolizando por R_0 o valor de **R** na temperatura ambiente, temos:



• Cálculo de i_1:

$$U = R_{dbc}\,i_1 \quad 30\,V = 3\,k\Omega \cdot i_1 \Rightarrow i_1 = 10\,mA$$

• Cálculo de R_0:

$$\left.\begin{array}{l} V_a - V_c = 3\,i_2 \\ V_b - V_c = 2\,i_1 \end{array}\right\} \overset{(-)}{\Rightarrow} V_a - V_b = 3\,i_2 - 2\,i_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2{,}5 = 3\,i_2 - 20 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i_2 = 7{,}5\,mA$$

$$U = R_{dac}\,i_2 \Rightarrow 30 = (R_0 + 3) \cdot 7{,}5 \Rightarrow \boxed{R_0 = 1\,k\Omega}$$

• A tensão entre **a** e **b** será nula quando a ponte estiver equilibrada:

$$R \cdot 2 = 3 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{R = 1{,}5\,k\Omega}$$

• Considerando que a temperatura inicial do resistor e do meio em que foi imerso seja a ambiente, temos:

$$\Delta R = \alpha\,R_0\,\Delta\theta \Rightarrow (1{,}5 - 1) = (4{,}1 \cdot 10)^{-3} \cdot 1 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 122\,°C$$

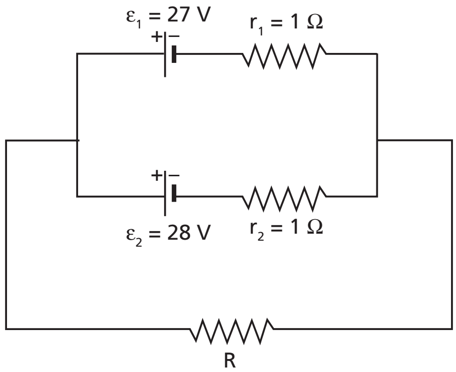
$$10\,°C \Rightarrow 1\,min$$

$$122\,°C \Rightarrow \Delta t \Rightarrow \boxed{\Delta t = 12{,}2\ minutos}$$

Resposta: 12,2 minutos

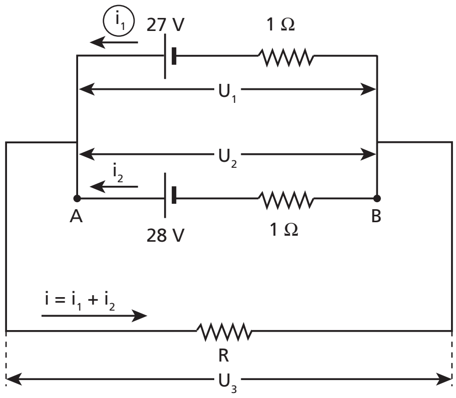
122 No circuito a seguir, determine para que valores da resistência **R** a bateria de características (ε_1, r_1):

a) opera como gerador;
b) opera como receptor;
c) não opera.



Resolução:

a) Não há dúvida de que a bateria (ε_2, r_2), por ter maior fem, opera como gerador. Vamos **supor** que a bateria (ε_1, r_1) também opere como gerador. Observe, então, os sentidos das correntes:



$U_1 = U_2 \Rightarrow 27 - 1i_1 = 28 - 1i_2$

$i_2 = i_1 + 1$ (I)

$U_1 = U_3 \Rightarrow 27 - 1i_1 = R\,(i_1 + i_2)$

$27 - i_1 = R\,i_1 + R\,i_2$ (II)

Substituindo (I) em (II), temos:

$27 - i_1 = R\,i_1 + R\,(i_1 + 1)$

$$i_1 = \frac{27 - R}{2R + 1}$$

Para que o sentido de i_1, **seja o considerado no circuito**, devemos ter: $i_1 > 0$.

Então:

$$\frac{27 - R}{2R + 1} > 0 \Rightarrow R < 27\,\Omega$$

b) Para que a bateria (ε_1, r_1) opere como receptor, o valor de i_1 na expressão anterior deve ser negativo. Para isso acontecer, os valores de **R** devem ser dados por:

$R > 27\,\Omega$

c) Para a bateria (ε_1, r_1) não operar, devemos ter $i_1 = 0$, o que nos leva a:

$R = 27\,\Omega$

Note que, nessa situação:

$\varepsilon_2 = R_{eq}\,i_2$

$\varepsilon_2 = (R + r_2)\,i_2$

$28 = (27 + 1)\,i_2 \Rightarrow i_2 = 1A$

e

$U_2 = \varepsilon_2 - r_2\ \ i_2 = 28 - 1 \cdot 1 \Rightarrow U_2 = 27\,V$

A partir desse estado, se **R** aumentar, ou seja, tornar-se maior que 27 Ω, a corrente i_2 certamente diminuirá e, com isso, U_2 ficará maior que 27 V.

Então, o potencial do ponto **A** estará um pouco mais de 27 V acima do de **B**.

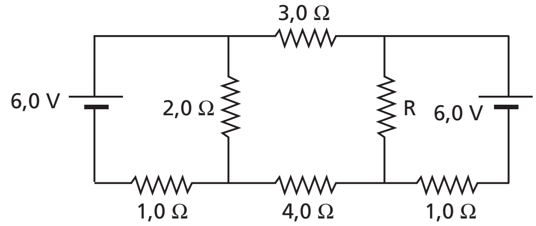
É aí que (ε_2, r_2) impõe uma corrente em (ε_1, r_1), tornando-a um receptor.

Respostas: a) $R < 27\,\Omega$; b) $R > 27\,\Omega$; c) $R = 27\,\Omega$

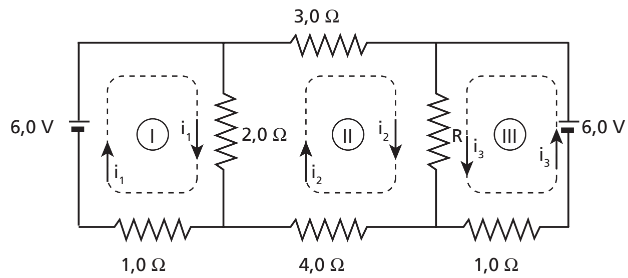
123 No circuito abaixo, calcule a intensidade da corrente no resistor de 4,0 Ω para os seguintes valores de **R**:

a) 2,0 Ω

b) 3,0 Ω



Resolução:



Em I: $6 = 0 + 3\,i_1 - 2\,i_2 \Rightarrow i_1 = \dfrac{6 + 2\,i_2}{3}$ (I)

Em II: $0 = 0 + (9 + R)\,i_2 - 2\,i_1 + R\,i_3$ (II)

Em III: $6 = 0 + (R + 1)\,i_3 + R\,i_2$

$$i_3 = \frac{6 - R\,i_2}{R + 1} \quad \text{(III)}$$

Substituindo (I) e (III) em (II), obtemos:

$$(9 + R)\,i_2 - 2\left(\frac{6 + 2\,i_2}{3}\right) + R\left(\frac{6 - R\,i_2}{R + 1}\right) = 0$$

a) Para $R = 2{,}0\,\Omega$: $i_2 = 0$

b) Para $R = 3{,}0\,\Omega$: $i_2 = 0{,}06$ A

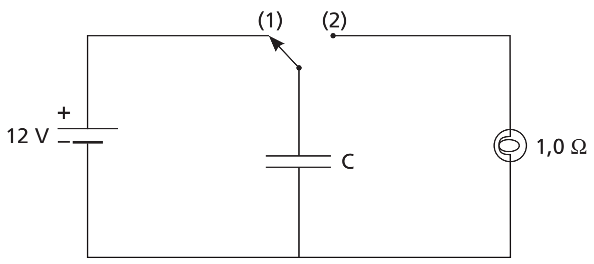
Nota:

- Também podemos responder ao item **a** baseados na simetria do circuito.

Respostas: a) Zero; b) 0,06 A

Tópico 4

1 **E.R.** No instante $t_0 = 0$, um capacitor de 2 500 μF, descarregado, é ligado a uma fonte de 12 V, por meio de uma chave colocada na posição 1. Em um determinado instante t_1, o capacitor atinge plena carga.



Em um instante t_2, posterior a t_1, passa-se a chave para a posição 2, e o capacitor se descarrega através de uma lâmpada de 1,0 Ω de resistência, durante 0,020 s.

a) Calcule a carga **Q** do capacitor no instante t_1, em milicoulombs.

b) Calcule a energia potencial E_p armazenada no capacitor no instante t_1, em joules.

c) Calcule a intensidade média i_m da corrente na lâmpada, durante a descarga do capacitor, em ampère.

d) Esboce o gráfico da tensão **U** no capacitor, em função do tempo **t**, durante o processo de carga.

e) Esboce o gráfico da intensidade **i** da corrente na lâmpada, em função do tempo **t**, durante o processo de descarga do capacitor.

Resolução:

a) Atingida a plena carga, a ddp **U** entre os terminais do capacitor é igual à fem do gerador: U = 12 V.

Sendo C = 2 500 μF a capacitância do capacitor, temos:

$Q = C\,U = 2\,500\ \mu F \cdot 12\ V = 2\,500 \cdot 10^{-6}\ F \cdot 12\ V = 30 \cdot 10^{-3}\ C$

$\boxed{Q = 30\ mC}$

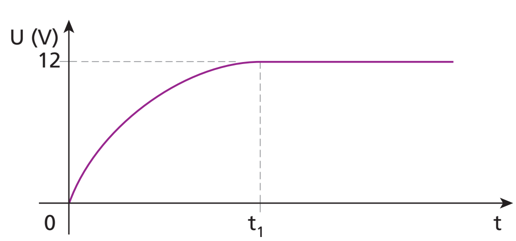
b) Sendo $C = 2\,500 \cdot 10^{-6}$ F e U = 12 V, podemos escrever:

$$E_p = \frac{C\,U^2}{2} = \frac{2\,500 \cdot 10^{-6} \cdot 12^2}{2} \Rightarrow \boxed{E_p = 0{,}18\ J}$$

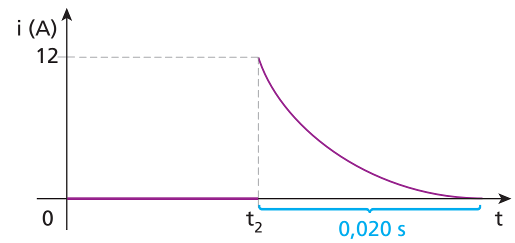
c) Sendo $Q = 30 \cdot 10^{-3}$ C e Δt = 0,020 s, temos:

$$i_m = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{30 \cdot 10^{-3}}{0{,}020} \Rightarrow \boxed{i_m = 1{,}5\ A}$$

d) Durante o processo de carga, a ddp **U** no capacitor cresce de zero até 12 V, quando se estabiliza:



e) Durante a descarga do capacitor, a ddp **U** entre os seus terminais, que é igual à ddp aplicada na lâmpada, diminui. Por isso, a intensidade da corrente na lâmpada decresce com o tempo a partir do instante t_2, até anular-se. Em t_2, o valor de **i** é igual a $\frac{12\ V}{1{,}0\ \Omega}$, ou seja, 12 A.



Respostas: a) 30 μC;
b) 0,18 J;
c) 1,5 A;
d) ver gráfico;
e) ver gráfico

2 Um capacitor de 10 μF é ligado aos terminais da associação em série de duas pilhas de 1,5 V. Determine:

a) a carga elétrica armazenada no capacitor;

b) a energia potencial elétrica armazenada no capacitor.

Resolução:

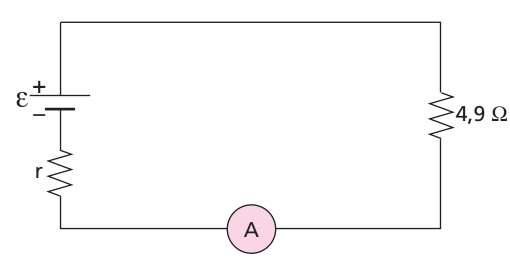
a) $Q = C\,U = 10\ \mu F \cdot 3{,}0\ V \Rightarrow$

$\boxed{Q = 30\ \mu C}$

b) $E_p = \frac{C\,U^2}{2} = \frac{10\ \mu F \cdot (3{,}0\ V)^2}{2} \Rightarrow \boxed{E_p = 45\ \mu J}$

Respostas: a) 30 μC;
b) 45 μJ

3 A ddp entre os terminais de um capacitor ligado há muito tempo em um gerador, isto é, plenamente carregado, é igual a 9 V.
Esse mesmo gerador participa agora do circuito esquematizado na figura, em que o amperímetro **A**, suposto ideal, indica 1,8 A.



Determine a força eletromotriz e a resistência interna desse gerador.

Resolução:
Quando o capacitor está carregado, não circula corrente pelos terminais do gerador. Assim, U = ε = 9 V.
Na situação da figura, pela lei de Ohm nos terminais do resistor de 4,9 Ω, vale que:

$U = R \cdot i \Rightarrow U = 4{,}9 \cdot 1{,}8$

$U = 8{,}82\ V$

Aplicando a equação do gerador aos dados já obtidos:

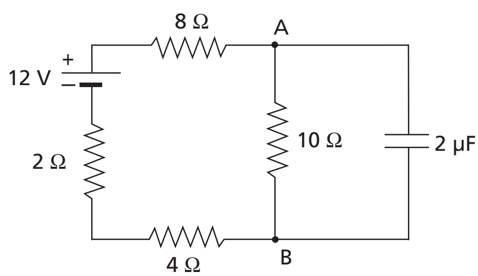
$U = \varepsilon - r \cdot i$

$8{,}82 = 9 - r \cdot 1{,}8$

$1{,}8\, r = 0{,}18 \Rightarrow \boxed{r = 0{,}1\ \Omega}$

Respostas: $\varepsilon = 9\ V$ e $r = 0{,}1\ \Omega$

4 E.R. Considere o circuito a seguir:



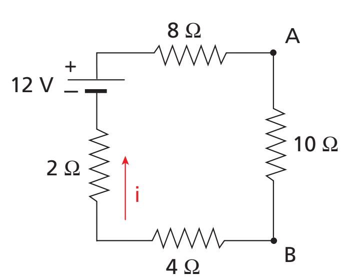
Supondo encerrado o processo de carga do capacitor, determine:

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

b) a carga elétrica armazenada no capacitor.

Resolução:

a) Em um circuito de corrente contínua, só há corrente no ramo em que se encontra o capacitor durante o seu processo de carga (ou descarga). Assim, encerrado esse processo, anula-se a corrente no citado ramo, que pode ser eliminado para efeito do cálculo da intensidade de corrente no resto do circuito:



Calculemos a intensidade de corrente no circuito:

$\varepsilon = R_{eq}\, i \Rightarrow 12 = 24\, i \Rightarrow i = 0{,}5\ A$

A diferença de potencial entre **A** e **B** é dada por:

$U_{AB} = R_{AB}\, i = 10 \cdot 0{,}5 \Rightarrow$

$\boxed{U_{AB} = 5\ V}$

b) A carga elétrica do capacitor é dada por:

$Q = C\, U_{AB}$.

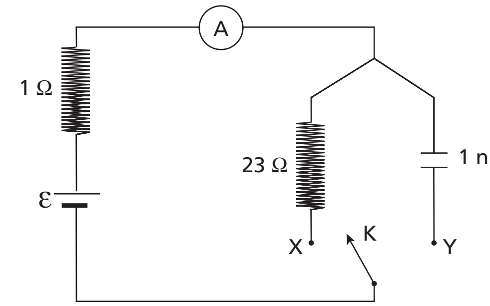
Sendo $C = 2\ \mu F = 2 \cdot 10^{-6}\ F$ e $U_{AB} = 5\ V$, obtemos:

$Q = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \Rightarrow$

$\boxed{Q = 10\ \mu C}$

Respostas: a) 5 V;
b) 10 μC

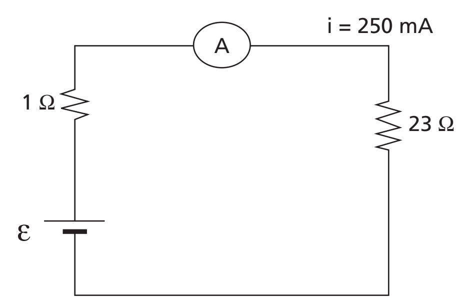
5 (Mack-SP) Considerando o esquema a seguir, quando se liga a chave **K** no ponto **X**, o amperímetro ideal **A** acusa uma intensidade de corrente elétrica igual a 250 mA. Ao se ligar a chave **K** no ponto **Y**, o capacitor adquire uma carga elétrica de:



a) 1 nC. b) 6 nC. c) 9 nC. d) 23 nC. e) 24 nC.

Resolução:

Chave ligada em **X**:

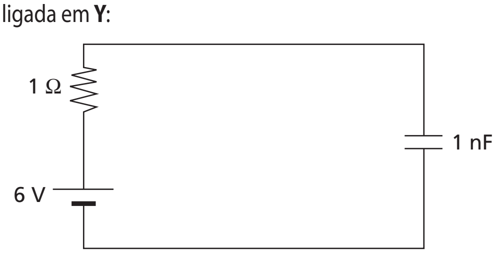


$$i = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

$$0{,}25 = \frac{\varepsilon}{23 + 1}$$

$\varepsilon = 6\ V$

Chave ligada em **Y**:

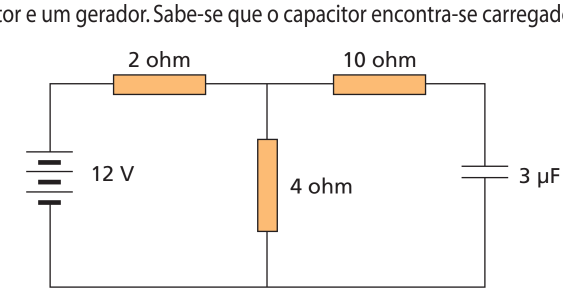


$Q = C \cdot U$

$Q = 1 \cdot 6 = 6\ nC$

Resposta: b

6 (UFPel-RS) No circuito a seguir têm-se três resistores, um capacitor e um gerador. Sabe-se que o capacitor encontra-se carregado.



Com base nessas informações, calcule:

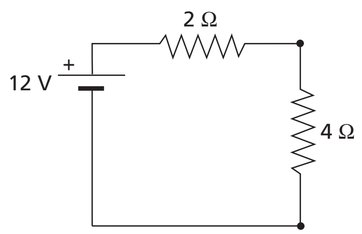
a) a corrente fornecida pela bateria;

b) a ddp nos terminais do resistor de 4 Ω;

c) a carga elétrica armazenada no capacitor.

Resolução:

Se o capacitor está carregado, o ramo da direita do circuito do enunciado não apresenta corrente. Assim, o circuito pode ser simplificado para:



a) $i = \frac{12}{2 + 4}$

$i = \frac{12}{6} = 2A$

b) $U = R \cdot i$

$U = 4 \cdot 2$

$U = 8V$

c) No capacitor, a ddp é a mesma dos terminais do resistor de 4 Ω. Logo:

$Q = C \cdot 4$

$Q = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 8$

$Q = 24 \cdot 10^{-6} C$ ou $24 \mu C$

Respostas: a) 2 A;
b) 8 V;
c) 24 μC

7 Um capacitor plano a ar é ligado a uma bateria, carregando-se plenamente. Mantendo-o ligado à citada bateria, aumenta-se um pouco a distância entre suas placas. Consequentemente:

a) a diferença de potencial entre as placas aumenta.

b) a diferença de potencial entre as placas diminui.

c) a capacitância do capacitor aumenta.

d) a carga elétrica do capacitor diminui.

e) a intensidade do campo elétrico entre as placas aumenta.

Resolução:

- **U** é constante, pois o capacitor permanece ligado à bateria.
- $C = \frac{\varepsilon A}{d}$ C: aumentando **d**, **C** diminui.
- $Q = C\,U$: **C** diminui ⇒ **Q** diminui.

Resposta: d

8 Um capacitor plano é ligado a uma bateria e, após ser carregado, é desligado dela. Em seguida, aumenta-se um pouco a distância entre as suas armaduras. Em virtude dessa última operação:

a) a capacitância do capacitor aumenta.

b) a diferença de potencial entre as armaduras do capacitor não se altera.

c) a carga elétrica do capacitor diminui.

d) a intensidade do campo elétrico entre as armaduras do capacitor aumenta.

e) a energia potencial elétrica armazenada no capacitor aumenta.

Resolução:

- **Q** é constante, pois o capacitor está desligado.
- $C = \frac{\varepsilon A}{d}$: aumentando **d**, **C** diminui.
- $U = \frac{Q}{C}$: **C** diminui ⇒ **U** aumenta.
- $E_p = \frac{QU}{2}$: **U** aumenta ⇒ E_p aumenta.

Resposta: e

9 Um capacitor plano a vácuo (vácuo entre as armaduras) é ligado a um gerador. Mantendo-o ligado ao citado gerador, introduz-se uma placa de um material dielétrico entre as suas armaduras. Consequentemente:

a) a capacitância do capacitor diminui.

b) a diferença de potencial entre as armaduras do capacitor aumenta.

c) a carga elétrica do capacitor aumenta.

d) a intensidade do campo elétrico entre as armaduras do capacitor aumenta.

e) a energia potencial elétrica armazenada no capacitor diminui.

Resolução:

- $C = \frac{\varepsilon A}{d}$: ε aumenta ⇒ **C** aumenta.
- $Q = CU$: **U** não varia ⇒ **Q** aumenta.
- $Ed = U$: **U** e **d** não variam ⇒ **E** não varia.
- $E_p = \frac{C\,U^2}{2}$: **U** não varia e **C** aumenta ⇒ E_p aumenta.

Resposta: c

10 Um capacitor plano a vácuo é carregado por um gerador e, em seguida, desligado dele. Introduz-se, então, uma placa de um dielétrico entre as armaduras do capacitor. Consequentemente:

a) a capacitância do capacitor diminui.

b) a diferença de potencial entre as armaduras do capacitor diminui.

c) a carga elétrica do capacitor aumenta.

d) a intensidade do campo elétrico entre as armaduras do capacitor aumenta.

e) a energia potencial elétrica armazenada no capacitor aumenta.

Resolução:

- $C = \frac{\varepsilon A}{d}$: ε aumenta ⇒ **C** aumenta.
- $Q = \frac{Q}{C}$: **Q** não varia e **C** aumenta ⇒ **U** diminui.
- $E = \frac{U}{d}$: **d** não varia e **U** diminui ⇒ **E** diminui.
- $E_p = \frac{Q\,U}{2}$: **Q** não varia e **U** diminui ⇒ E_p aumenta.

Resposta: b

11 Calcule a capacitância do capacitor constituído por duas placas metálicas planas e paralelas, de 1,0 m² cada, separadas por uma camada de ar de 1,0 cm de espessura. A permissividade do ar vale, no Sistema Internacional de Unidades, aproximadamente $8{,}8 \cdot 10^{-12}$.

Resolução:

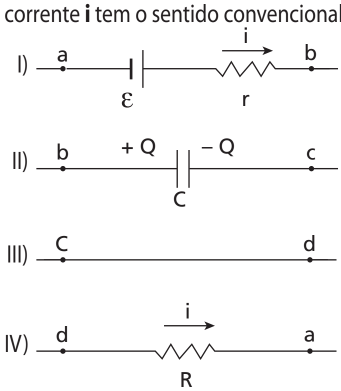
$C = \dfrac{\varepsilon \cdot A}{d}$

$C = \dfrac{8{,}8 \cdot 10^{-12} \cdot 1}{1 \cdot 10^{-2}}$

$C = 8{,}8 \cdot 10^{-10}\ F$ ou $0{,}88\ nF$

Resposta: 0,88 nF

12 (UFC-CE) As figuras I, II, III e IV são partes de um circuito RC cuja corrente **i** tem o sentido convencional.



Analise as figuras e assinale dentre as alternativas a seguir a que apresenta corretamente as diferenças de potenciais entre os diversos pontos do circuito.

a) $V_b - V_a = \varepsilon + i\,r$; $\quad V_c - V_b = \dfrac{Q}{C}$;
$\quad V_d - V_a = -R\,i$; $\quad V_d - V_c = 0$

b) $V_b - V_a = -(\varepsilon - i\,r)$; $\quad V_c - V_b = \dfrac{Q}{C}$;
$\quad V_d - V_a = -R\,i$; $\quad V_d - V_c = 0$

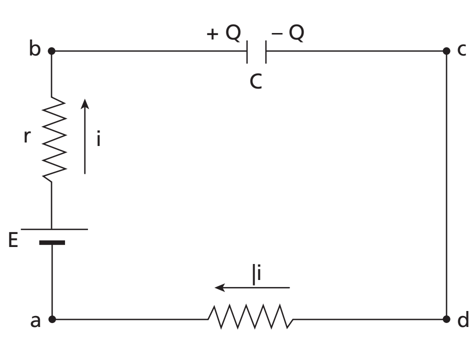
c) $V_b - V_a = \varepsilon - i\,r$; $\quad V_c - V_b = \dfrac{-Q}{C}$;
$\quad V_d - V_a = R\,i$; $\quad V_d - V_c = 0$

d) $V_b - V_a = -(\varepsilon + i\,r)$; $\quad V_c - V_b = \dfrac{-Q}{C}$;
$\quad V_d - V_a = -R\,i$; $\quad V_d - V_c = 0$

e) $V_b - V_a = -(\varepsilon - i\,r)$; $\quad V_c - V_b = \dfrac{-Q}{C}$;
$\quad V_d - V_a = -R\,i$; $\quad V_d - V_c = 0$

Resolução:

Mesmo que o estudante não conheça o circuito RC, as letras que aparecem nas partes do circuito permitem montá-lo:



CJT/Zapt

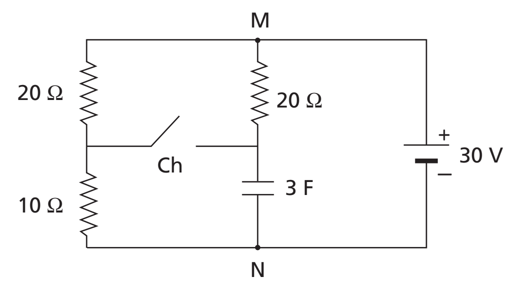
Sendo $i \neq 0$, o capacitor ainda não atingiu a carga final.

- No gerador:
  $V_b - V_a = \varepsilon - r\,i$
- No capacitor:
  $U = \dfrac{Q}{C} \Rightarrow V_b - V_c = \dfrac{Q}{C}$ ou $V_c - V_b = \dfrac{-Q}{C}$
- No fio ideal:
  $U = 0 \Rightarrow V_d - V_c = 0$
- No resistor:
  $U = R\,i \Rightarrow V_d - V_a = R\,i$

Resposta: c

13 **E.R.** Dado o circuito elétrico esquematizado na figura, obtenha:

a) a carga no capacitor enquanto a chave Ch estiver aberta;
b) a carga final no capacitor após o fechamento da chave.



Resolução:

a) Com a chave aberta, temos, no trecho MN:

$U_{MP} = R\,i = 20 \cdot 0 = 0$

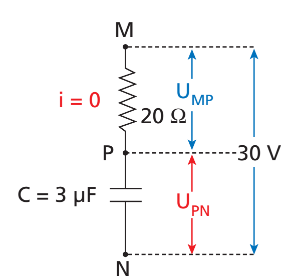
Como $U_{MP} + U_{PN} = 30\ V$, a ddp no capacitor está determinada:

$0 + U_{PN} = 30 \Rightarrow U_{PN} = 30\ V$

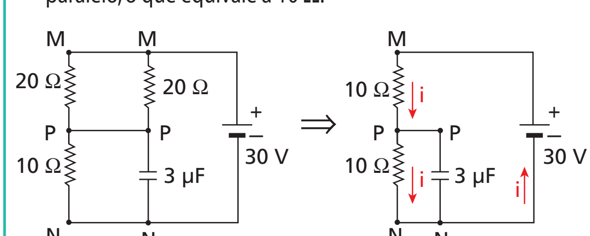
Então:

$Q = C\,U_{PN} = 3\ \mu F \cdot 30\ V \Rightarrow$

$\boxed{Q = 90\ \mu C}$



b) Com a chave fechada, os dois resistores de 20 Ω associam-se em paralelo, o que equivale a 10 Ω:



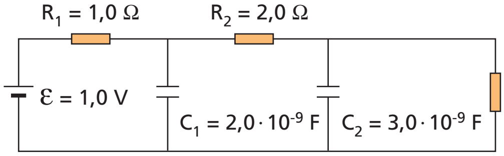
Então, temos 15 V entre **M** e **P** e 15 V entre **P** e **N**.

Assim, para o capacitor:
$Q = C\,U_{PN} = 3\ \mu F \cdot 15\ V \Rightarrow$

$\boxed{Q = 45\ \mu C}$

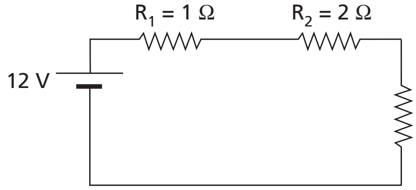
Respostas: a) 90 μC;
b) 45 μC

14 (Puccamp-SP) O circuito esquematizado a seguir é constituído de um gerador ideal, dois capacitores e três resistores, cujos valores estão indicados na figura.



É correto afirmar que a:
a) carga do capacitor C_1 é de $1{,}2 \cdot 10^{-8}$ C.
b) carga do capacitor C_2 é de $1{,}8 \cdot 10^{-8}$ C.
c) corrente elétrica no circuito tem intensidade de 1,0 A.
d) ddp (tensão) em R_2 vale 3,0 V.
e) ddp (tensão) em R_3 vale 9,0 V.

Resolução:
Logo após ligarmos o circuito, os capacitores estão descarregados, e tudo funciona como se tivéssemos a seguinte configuração:

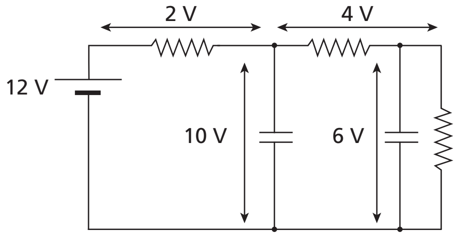


$i = \dfrac{12}{1+2+3}$

$i = 2A$

Cálculo das tensões nos resistores:
$R_1: U_1 = 1 \cdot 2 = 2V$
$R_2: U_2 = 2 \cdot 2 = 4V$
$R_3: U_3 = 3 \cdot 2 = 6V$

Cargas dos capacitores (depois de carregados):

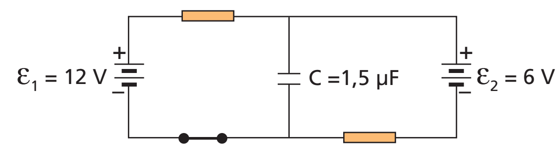


$C_1: Q_1 = C_1 \cdot U_1 \Rightarrow Q_1 = 2 \cdot 10^{-9} \cdot 10 = 2 \cdot 10^{-8}\,C$

$C_2: Q_2 = C_2 \cdot U_2 \Rightarrow Q_2 = 3 \cdot 10^{-9} \cdot 6 = 1{,}8 \cdot 10^{-8}\,C$

Resposta: b

15 O circuito a seguir está fechado há muito tempo, o que significa que o capacitor já está plenamente carregado.



Sendo desprezíveis as resistências internas das baterias, calcule:
a) a carga do capacitor;
b) a potência dissipada no resistor de 10 Ω.

Resolução:
a) • $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 + R_{eq}\,i \Rightarrow 12 = 6 + 30i \Rightarrow i = 0{,}2$ A
• No capacitor: $U = \varepsilon_1 - 20i = 12 - 20 \cdot 0{,}2 \Rightarrow U = 8$ V
$Q = C\,U = 1{,}5\ \mu F \cdot 8\ V \Rightarrow$

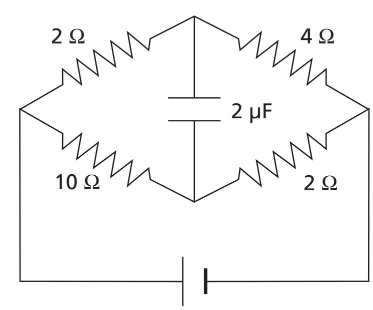
$\boxed{Q = 12\ \mu C}$

b) $Pot = R\,i^2 = 10 \cdot 0{,}2^2 \Rightarrow$

$\boxed{Pot = 0{,}4\ W}$

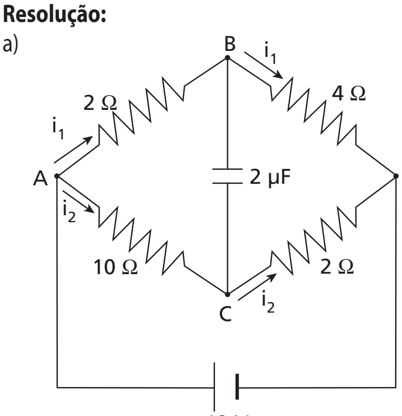
Respostas: a) 12 μC;
b) 0,4 W

16 No circuito esquematizado na figura, o gerador é considerado ideal e o capacitor já está carregado:



Determine:
a) a carga elétrica do capacitor;
b) a resistência do resistor que deveria substituir o resistor de 10 Ω para que o capacitor não se carregasse.

Resolução:
a)



$12 = (2 + 4)i_1 \Rightarrow i_1\ 2A$

$12 = (10 + 2)i_2 \Rightarrow i_2 = 1A$

$$\left.\begin{array}{l} \nu_A - \nu_B = 2i_1 = 2 \cdot 2 \Rightarrow \nu_A - \nu_B = 4 \\ \nu_A - \nu_C = 10i_2 = 10 \cdot 1 \Rightarrow \nu_A - \nu_C = 10 \end{array}\right\} \Rightarrow$$

$\nu_B - \nu_C = 6V$ (**u** no capacitor)

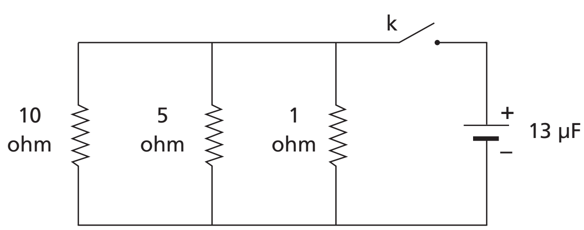
$Q = CU = 2\mu\ 6V \Rightarrow Q = 12\mu C$

b) Deveríamos ter $\nu_B = \nu_C$: ponte de Wheatstone em equilíbrio.
Para isso:

$R\ 4 = 2 \cdot 2 \Rightarrow R = 1\ \Omega$

Respostas: a) 12 μC;
b) 1 Ω

17 (Mack-SP) O capacitor do circuito indicado na figura está eletrizado sob tensão de 100 V. Fecha-se a chave **k** e aguarda-se o capacitor descarregar totalmente. Qual a energia dissipada no resistor de resistência igual a 1 ohm?



Resolução:
Energia armazenada no capacitor:

$$E_p = \frac{C\,U^2}{2} = \frac{13 \cdot 10^{-6} \cdot 100^2}{2}$$

$$E_p = 6{,}5 \cdot 10^{-2}\ J$$

Após o fechamento da chave, a tensão é a mesma em todos os elementos do circuito, a cada instante. Como a energia dissipada nos resistores obedece a uma expressão do tipo:

$$E_d \frac{U^2}{R} \Delta t = \frac{K}{R}, \text{temos:}$$

$$\frac{K}{1} + \frac{K}{5} + \frac{K}{10} = 6{,}5 \cdot 10^{-2} \Rightarrow K = 5 \cdot 10^{-2} \quad \text{(SI)}$$

A energia dissipada no resistor de 1Ω vale, então:

$$E_d = \frac{K}{R} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{1} \Rightarrow E_d = 5 \cdot 10^{-2}$$

Resposta: $5 \cdot 10^{-2}$

18 Um capacitor plano a ar, cuja capacitância é de 10 nF, é carregado por uma bateria de 12 V. A seguir, ele é desligado da bateria e a distância entre suas armaduras é reduzida à metade. Determine:

a) a carga elétrica do capacitor e sua energia potencial elétrica quando ele foi desligado da bateria, estando encerrado o processo de carga;
b) a diferença de potencial entre as armaduras depois que elas foram aproximadas;
c) a energia potencial elétrica do capacitor depois que suas armaduras foram aproximadas.

Resolução:
a) Carga inicial
$Q = C \cdot U$
$Q = 10 \cdot 10^{-9} \cdot 12$
$Q = 1{,}2 \cdot 10^{-7} C$

Energia potencial

$$E_p = \frac{Q \cdot U}{2}$$

$$E_p = \frac{1{,}2 \cdot 10^{-7} \cdot 12}{2}$$

$$E_p = 7{,}2 \cdot 10^{-7}\ J$$

b) Se a distância cai pela metade, a capacitância dobra.
Logo,
C' = 20n Fe

$$U' = \frac{Q}{C'} \Rightarrow U' = \frac{1{,}2 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 10^{-8}}$$

U' = 6V

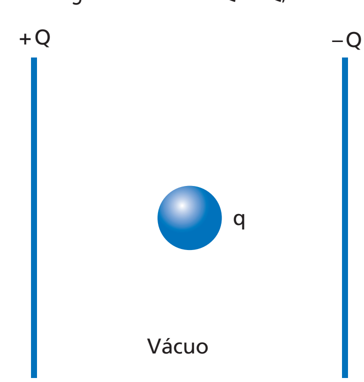
c) $$Ep' = \frac{Q \cdot U}{2}$$

$$Ep' = \frac{1{,}2 \cdot 10^{-7} \cdot 6}{2}$$

$$Ep' = 3{,}6 \cdot 10^{-7}\ J$$

Respostas: a) $7{,}2 \cdot 10^{-7}$ J;
b) 6 V;
c) $3{,}6 \cdot 10^{-7}$ J

19 A figura representa duas placas planas, isoladas, uniformemente eletrizadas com cargas constantes +Q e –Q, e situadas no vácuo.



Uma carga de prova **q**, colocada entre as placas, submete-se a uma força elétrica de intensidade F_0. Se a região entre as placas for preenchida por um material isolante de constante dielétrica ε_r, a intensidade da força elétrica atuante na mesma carga de prova passa a ser **F**.

a) **F** é maior, menor ou igual a F_0? Justifique sua resposta.
b) Expresse **F** em função de F_0.

Resolução:
a) O campo elétrico induzido no material isolante reduz o campo elétrico resultante entre as placas. Por isso: $F < F_0$.
b) Sejam C_0 e U_0 a capacitância e a ddp entre as placas no vácuo:
$Q = C_0 \cdot U_0$

Com a introdução do dielétrico, a capacitância passa a ser $C = \varepsilon_r C_0$ e a ddp entre as placas passa a ser $U = \frac{U_0}{\varepsilon_r}$, já que a carga **Q** é constante:

$$Q = CU = \varepsilon_r C_0 \cdot \frac{U_0}{\varepsilon_r} = C_0 U_0.$$

Sendo E_0 e **E** as intensidades do vetor campo elétrico entre as placas nas situações inicial e final, respectivamente, temos:

$$E_0 d = U_0 \Rightarrow E_0 = \frac{U_0}{d}$$

$$E\,d = U \Rightarrow \frac{E}{d} = \frac{\frac{U_0}{\varepsilon_r}}{d} = \frac{E_0}{\varepsilon_r}$$

Então:

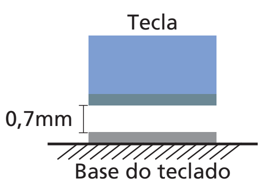
$$F_0 = |q| E_0$$

$$F = |q| E = |q| \frac{E_0}{\varepsilon_r} \Rightarrow F = \frac{F_0}{\varepsilon_r}$$

Notemos que, como ε_r é maior que 1, **F** é realmente menor que F_0.

Respostas: a) ε_r é maior que 1, então **F** é realmente menor que F_0;
b) $\frac{F_0}{\varepsilon_r}$

20 (ITA-SP) Considere o vão existente entre cada tecla de um computador e a base do seu teclado. Em cada vão existem duas placas metálicas, uma delas presa na base do teclado e a outra, na tecla. Em conjunto, elas funcionam como um capacitor de placas planas paralelas imersas no ar. Quando se aciona a tecla, diminui a distância entre as placas e a capacitância aumenta. Um circuito elétrico detecta a variação da capacitância, indicativa do movimento da tecla. Considere então um dado teclado, cujas placas metálicas têm 40 mm² de área e 0,7 mm de distância inicial entre si. Considere ainda que a permissividade do ar seja $\varepsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12}$ F/m.



Se o circuito eletrônico é capaz de detectar uma variação da capacitância a partir de 0,2 pF, então qualquer tecla deve ser deslocada de pelo menos:

a) 0,1 mm
b) 0,2 mm
c) 0,3 mm
d) 0,4 mm
e) 0,5 mm

Resolução:

- $A = 40 \cdot 10^{-6} m^2, d_i = 0,7^{-6} \cdot 10$ m;

$\varepsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$; $\Delta C_{mín} = 0,2$ pF.

- Capacitância inicial: $C_i = \frac{\varepsilon_0 A}{d_i}$ (I)

Capacitância após deslocamento mínimo da tecla ($\Delta d_{mín}$):

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d_i - \Delta d_{mín}} \text{(II)}$$

$$\bullet\ \text{(II)} - \text{(I)}: \Delta C_{mín} = \varepsilon_0 A \left(\frac{1}{d_1 - \Delta d_{mín}} - \frac{1}{d_i} \right)$$

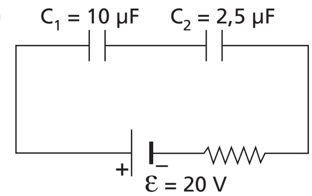
Substituindo os valores fornecidos, obtemos:

$$\boxed{\Delta d_{mín} = 2 \cdot 10^{-4}\ \text{m} = 0,2\ \text{mm}}$$

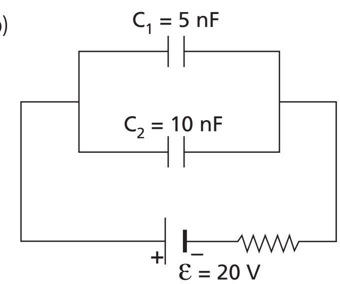
Resposta: b

21 E.R. Em cada um dos circuitos a seguir, calcule a carga elétrica e a tensão nos capacitores, supondo encerrado o processo de carga:

a)

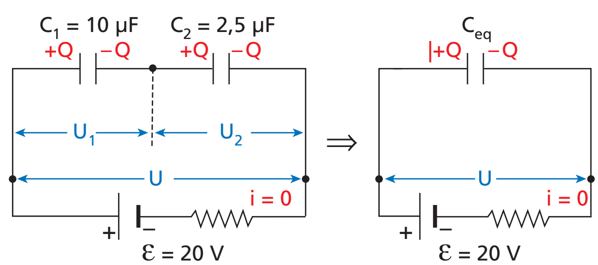


b)



Resolução:

a) Os dois capacitores estão associados em série e por isso armazenam cargas **Q** iguais. A carga armazenada na capacitância equivalente também é igual a **Q**:



Como $i = 0$, temos $U = \varepsilon = 20$ V.

A capacitância equivalente é dada por:

$$C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{10 \cdot 2,5}{10 + 2,5} \Rightarrow C_{eq} = 2\ \mu\text{F}$$

Vamos, então, calcular **Q**:

$Q = C_{eq} U = 2\ \mu\text{F} \cdot 20\ \text{V} \Rightarrow Q = 40\ \mu\text{C}$

Portanto:

$$\boxed{Q_1 = Q = 40\ \mu\text{C}}$$

e

$$\boxed{Q_2 = Q = 40\ \mu\text{C}}$$

Da expressão $C = \frac{Q}{U}$, temos $U = \frac{Q}{C}$, que nos permite calcular U_1 e U_2:

$$U_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{40\ \mu\text{C}}{10\ \mu\text{F}} \Rightarrow \boxed{U_1 = 4\ \text{V}}$$

e

$$U_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{40\ \mu\text{C}}{2,5\ \mu\text{F}} \Rightarrow \boxed{U_2 = 16\ \text{V}}$$

Note que o valor de U_2 também pode ser obtido lembrando que $U_1 + U_2 = U = 20$ V.

b) Os dois capacitores estão em paralelo e, portanto, $U = \varepsilon = 100\ V$ para ambos:

$\boxed{U_1 = U = 100\ V}$

e

$\boxed{U_2 = U = 100\ V}$

Da expressão $C = \frac{Q}{U}$, temos $Q = C\ U$, que nos permite calcular as cargas Q_1 e Q_2:

$Q_1 = C_1\ U = 5\ nF \cdot 100\ V = 500\ nC \Rightarrow$

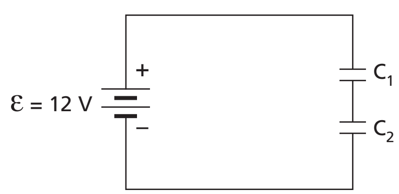
$\boxed{Q_1 = 0{,}5\ \mu C}$

$Q_2 = C_2\ U = 10\ nF \cdot 100\ V = 1\ 000\ nC \Rightarrow$

$\boxed{Q_2 = 1\ \mu C}$

Resposta: a) Q_1 e $Q_2 = 40\ \mu C$, $U_1 = 4\ V$ e $U_2 = 16\ V$;
b) U_1 e $U_2 = 100 V$, $Q_1 = 0{,}5\ \mu C$, e $Q_2 = 1\ \mu C$

22 No circuito a seguir, o processo de carga dos capacitores de capacitâncias $C_1 = 18\ \mu F$ e $C_2 = 6\ \mu F$ já se encerrou.



Determine:

a) a carga armazenada em cada capacitor (Q_1 e Q_2);

b) o módulo da diferença de potencial (U_1) no capacitor de capacitância C_1.

Resolução:

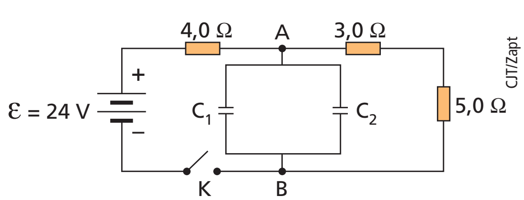
a) • $C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{18 \cdot 6}{18 + 6} \Rightarrow C_{eq} = 4{,}5\ \mu F$

• $Q = C_{eq}\,\varepsilon = 4{,}5 \cdot 12 \Rightarrow Q = 54\ \mu C \Rightarrow \boxed{Q_1 = Q_2 = 54 \mu C}$

b) $Q_1 = C_1 U_1 \Rightarrow 54 = 18\ U_1 \Rightarrow \boxed{Q_1 = 3 V}$

Respostas: a) 54 μC;
b) 3 V

23 O circuito representado na figura a seguir contém três resistores, uma bateria de resistência interna desprezível, dois capacitores de capacitâncias $C_1 = 0{,}20\ \mu F$ e $C_2 = 0{,}50\ \mu F$ e uma chave **K**. Após o fechamento da chave, inicia-se o processo de carga dos capacitores. Calcule suas cargas finais.



Resolução:

• $\varepsilon = R_{eq} i \Rightarrow 24 = 12{,}0 i \Rightarrow i = 2{,}0\ A$

• $U_{AB} = (3{,}0 + 5{,}0)i = 8{,}0 \cdot 2{,}0 \Rightarrow U_{AB} = 16\ V$

• $Q_1 = C_1 U_{AB} = 0{,}20 . 16 =$

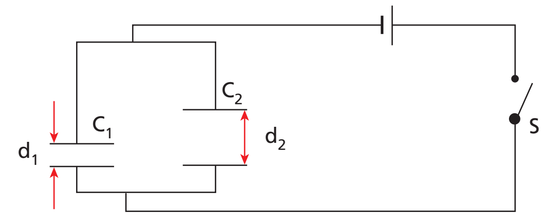
$\boxed{Q_1 = 3{,}2\ \mu C}$

$Q_2 = C_2 U_{AB} = 0{,}50 \cdot 0{,}16 \Rightarrow$

$\boxed{Q_2 = 8{,}0\ \mu C}$

Resposta: $Q_1 = 3{,}2\ \mu C$ e $Q_2 = 8{,}0\ \mu C$

24 (UFPE) No circuito a seguir os capacitores de placas paralelas C_1 e C_2 têm placas de mesma área separadas pelas distâncias d_1 e d_2, respectivamente.
Muito tempo após a chave **S** ter sido fechada, as cargas nas placas desses capacitores já atingiram seus valores máximos, Q_1 e Q_2, respectivamente. Se $d_2 = 2d_1$, determine o valor da razão $\frac{Q_1}{Q_2}$.



Resolução:

$C_1 = \frac{\varepsilon \cdot A}{d_1}$; $C_2 = \frac{\varepsilon \cdot A}{d_2}$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\frac{\varepsilon \cdot A}{d_1}}{\frac{\varepsilon \cdot A}{d_2}} = \frac{d_2}{d_1}$$

Como $d_2 = 2d_1$, temos $\frac{C_1}{C_2} = 2$

Os capacitores estão em paralelo. Logo, $U_1 = U_2 = U$.
As cargas são dadas por:

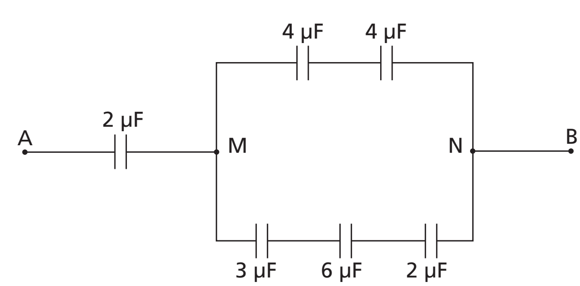
$Q_1 = C_1 \cdot U \quad Q_2 = C_2 \cdot U$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{C_1 \cdot \cancel{U}}{C_2 \cdot \cancel{U}}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = 2$$

Resposta: 2

25 E.R. A figura a seguir representa uma associação mista de capacitores. Determine a capacitância equivalente à da associação.



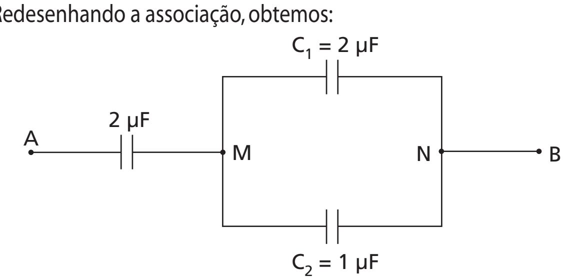
Resolução:

Entre os pontos **M** e **N**, temos duas associações de capacitores em série: uma no ramo superior, de capacitância equivalente C_1, e outra no ramo inferior, de capacitância equivalente C_2:

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1} = \frac{2}{4} \Rightarrow C_1 = 2\ \mu F$$

$$\frac{1}{C_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{2} = \frac{2+1+3}{6} = \frac{6}{6} \Rightarrow C_2 = 1\ \mu F$$

Redesenhando a associação, obtemos:



Com isso, temos C_1 em paralelo com C_2. Então, a capacitância equivalente C_{MN}, entre os pontos **M** e **N**, é dada por:

$C_{MN} = 2 + 1 \Rightarrow C_{MN} = 3\ \mu F$

Agora, passamos a ter:

A capacitância equivalente entre **A** e **B** é dada por:

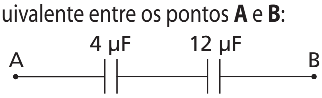
$$\frac{1}{C_{AB}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{3+2}{6} = \frac{5}{6}$$

$$C_{AB} = \frac{6}{5} \Rightarrow \boxed{C_{AB} = 1{,}2\ \mu F}$$

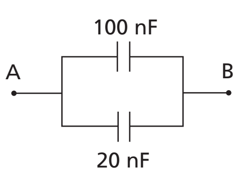
Resposta: 1,2 μF

26. Nas associações de capacitores a seguir, calcule a capacitância equivalente entre os pontos **A** e **B**:

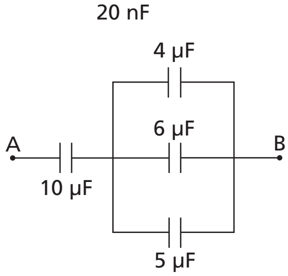
a)



b)



c)



Resolução:

a) $C_{AB} = \dfrac{4 \cdot 12}{4+12} \Rightarrow \boxed{C_{AB} = 3\ \mu F}$

b) $C_{AB} = 100 + 20 \Rightarrow \boxed{C_{AB} = 120\ nF}$

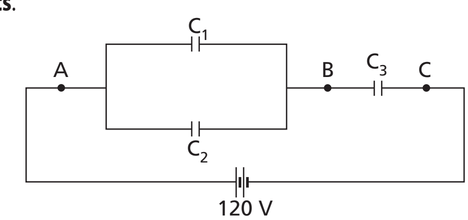
c) • 4 μF, 6 μF e 5 μF em paralelo ⇒ 15 μF

• 10 μF em série com 15 μF: $C_{AB} = \dfrac{10 \cdot 15}{10+15}$

$$\boxed{C_{AB} = 6\ \mu F}$$

Respostas: a) 3 μF;
b) 120 nF;
c) 6 μF

27 (UFPE) Três capacitores $C_1 = C_2 = 1{,}0\ \mu F$ e $C_3 = 3{,}0\ \mu F$ estão associados como mostra a figura. A associação de capacitores está submetida a uma diferença de potencial de 120 V fornecida por uma bateria. Calcule o módulo da diferença de potencial entre os pontos **B** e **C**, em **volts**.



Resolução:

Associação em paralelo: $C' = C_1 + C_2 = 1 + 1 = 2\ \mu F$

Associação em série: $C'' = \dfrac{C' \cdot C_3}{C' + C_3} = \dfrac{2 \cdot 3}{2 + 3} = \dfrac{6}{5} = 1{,}2\ \mu F$

Carga total $Q'' = C'' \cdot U$

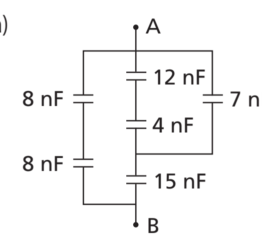
$Q'' = 1{,}2 \cdot 120 = 144\ \mu F$ $\quad Q'' = Q' = Q_3 = 144\ \mu F$ (série)

$U_{BC} = U_3 = \dfrac{Q_3}{C_3} \Rightarrow U_3 = \dfrac{144}{3} = 48 V$

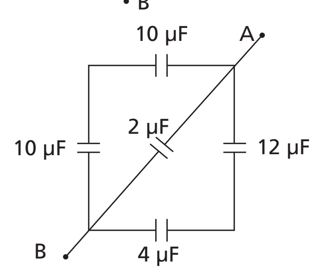
Resposta: 48 V

28 Determine a capacitância equivalente entre **A** e **B** nas associações de capacitores esquematizadas a seguir:

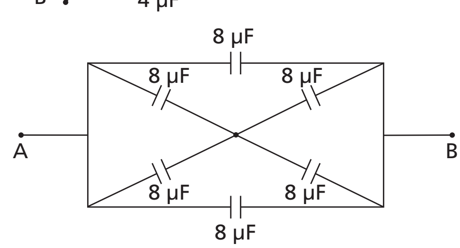
a)



b)

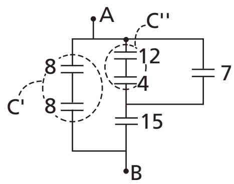


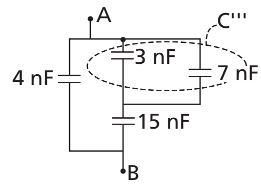
c)



Resolução:

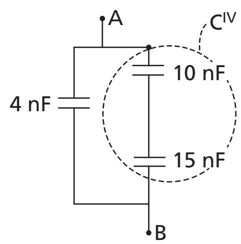
a)





$$C' = \frac{8 \cdot 8}{8+8} = \frac{64}{16} = 4\ \text{nF}$$

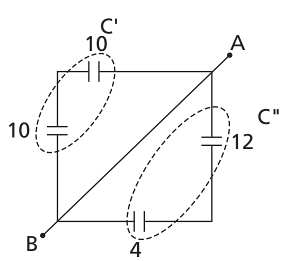
$$C'' = \frac{12 \cdot 4}{12+4} = \frac{48}{16} = 3\ \text{nF}$$



$$C^{IV} = \frac{10 \cdot 15}{10+15} = \frac{150}{25} = 6\ \text{nF}$$

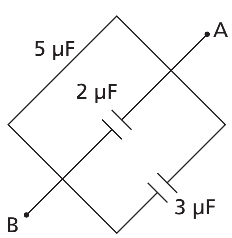
$$C_{eq} = 4 + 6 = 10\ \text{nF}$$

b)



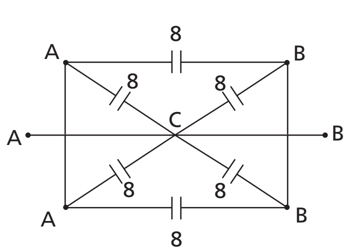
$$C' = \frac{10 \cdot 10}{10+10} = 5\ \mu\text{F}$$

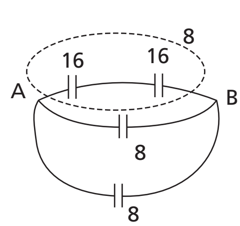
$$C'' = \frac{12 \cdot 4}{12+4} = \frac{48}{16} = 8\ \mu\text{F}$$



$$C_{eq} = 5 + 2 + 3 = 10\ \mu\text{F}$$

c)

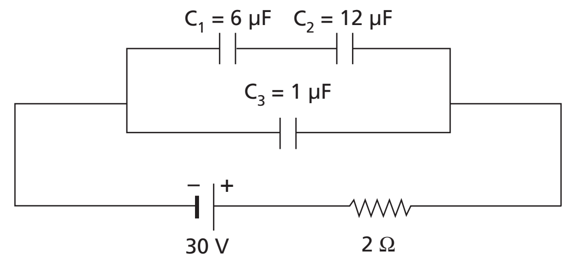




$$C_{eq} = 8 + 8 + 8 = 24\ \mu\text{F}$$

Respostas: a) 10 nF;
b) 10 μF;
c) 24 μF

29 E.R. O conjunto de capacitores esquematizado a seguir está ligado a um gerador de corrente contínua:



Encerrado o processo de carga, determine a carga elétrica e a tensão entre as armaduras de cada capacitor.

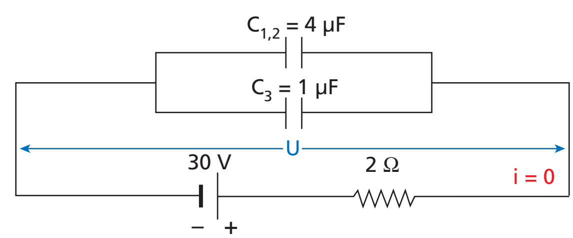
Resolução:

Inicialmente, vamos determinar a capacitância $C_{1,2}$, equivalente à associação de C_1 e C_2 em série:

$$\frac{1}{C_{1,2}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{2+1}{12} = \frac{3}{12}$$

$C_{1,2} = 4$ □F

Redesenhando o circuito, temos:



Note que o capacitor C_3 está sujeito à mesma tensão que existe em $C_{1,2}$, igual a 30 V. Sua carga elétrica é, então, dada por:

$$Q_3 = C_3\,U$$

$$Q_3 = 1\ \mu\text{F} \cdot 30\ \text{V}$$

$$\boxed{Q_3 = 30\ \mu\text{C}}$$

A carga em $C_{1,2}$, que é igual às cargas de C_1 e de C_2, é calculada por:

$$Q_{1,2} = C_{1,2}\,U$$

$$Q_{1,2} = 4\ \mu\text{F} \cdot 30\ \text{V}$$

$$Q_{1,2} = 120\ \mu\text{C}$$

Assim, os capacitores C_1 e C_2, que estão em série, têm cargas:

$$\boxed{Q_1 = Q_2 = 120\ \mu\text{C}}$$

enquanto suas tensões são calculadas por:

$$Q = C\,U \Rightarrow U = \frac{Q}{C}$$

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{120\ \mu\text{C}}{6\ \mu\text{F}} \Rightarrow \boxed{U_1 = 20\ \text{V}}$$

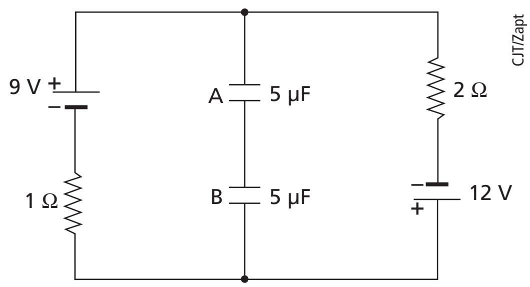
$$U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{120\ \mu\text{C}}{12\ \mu\text{F}} \Rightarrow \boxed{U_2 = 10\ \text{V}}$$

Portanto:

$$\boxed{\begin{array}{l} Q_1 = 120\ \mu\text{C e } U_1 = 20\ \text{V} \\ Q_2 = 120\ \mu\text{C e } U_2 = 10\ \text{V} \\ Q_3 = 30\ \mu\text{C e } U_3 = 30\ \text{V} \end{array}}$$

Respostas: $Q_1 = 120\ \mu C$ e $U_1 = 20\ V$;
$Q_2 = 120\ \mu C$ e $U_2 = 10\ V$;
$Q_3 = 30\ \mu C$ e $U_3 = 30\ V$

30 No circuito esquematizado a seguir, calcule as cargas Q_A e Q_B dos capacitores **A** e **B**, supondo encerrados os processos de carga.



Resolução:

$\varepsilon_{eq} = R_{eq} i \Rightarrow 21 = 3i \Rightarrow i = 7\ A$

Nos terminais da associação dos capacitores:

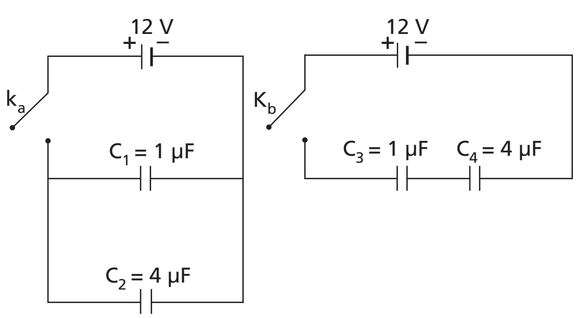
$U = 9 - 1 \cdot 7 \Rightarrow U = 2\ V$

$Q = C_{eq}\ U = 2{,}5\ \mu F \cdot 2\ V \Rightarrow Q = 5\ \mu C$

$\boxed{Q_A = Q_B = 5\ \mu C}$

Resposta: 5 μC

31 (Mack-SP) Nas figuras a seguir, estão ilustradas duas associações de capacitores, as quais serão submetidas a uma mesma ddp de 12 V, assim que as respectivas chaves, k_a e k_b, forem fechadas. As relações entre as cargas elétricas (**Q**) adquiridas pelos capacitores serão:



a) $Q_1 = Q_3$ e $Q_2 = Q_4$

b) $Q_1 = Q_3$ e $Q_2 = \frac{1}{5} Q_4$

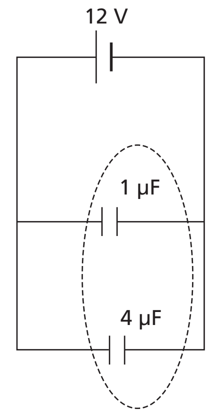
c) $Q_1 = 4\,Q_3$ e $Q_2 = 4\,Q_4$

d) $Q_1 = \frac{5}{4} Q_3$ e $Q_2 = 5\,Q_4$

e) $Q_1 = \frac{1}{4} Q_3$ e $Q_2 = \frac{1}{4} Q_4$

Resolução:

Com a chave k_a fechada, temos



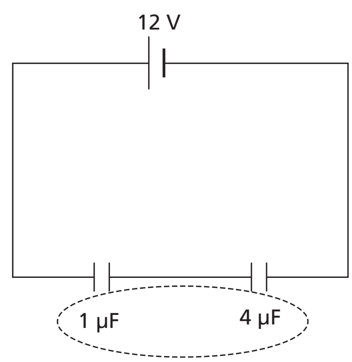
$Q_1 = C_1 \cdot u$

$Q_1 = 1 \cdot 12 = 12\ \mu C$

$Q_2 = C_2 \cdot U$

$Q_2 = 4 \cdot 12 = 48\ \mu C$

Com a chave K_b fechada,



$Q_{TOTAL} = C' \cdot U$

$Q_{TOTAL} = 0{,}8 \cdot 12$

$Q_{TOTAL} = 9{,}6\ \mu C$

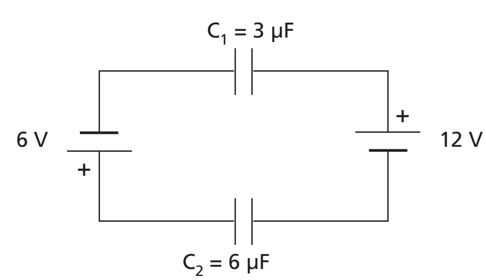
$C' = \frac{1 \cdot 4}{1 + 4}$

$C' = \frac{4}{5} = 0{,}8\ \mu F$

$Q_3 = Q_4 = 9{,}6\ \mu C$

Resposta: d

32 No circuito, calcule as tensões nos capacitores, ligados há muito tempo.



Resolução:

Temos $6 + 12 = U_1 + U_2$

$$18 = \frac{Q}{3 \cdot 10^{-6}} + \frac{Q}{6 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow 18 = \frac{3\,Q}{6 \cdot 10^{-6}}$$

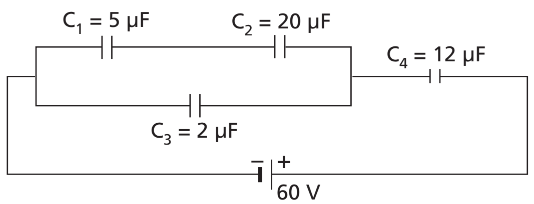
$$Q = 36 \cdot 10^{-6}\,C$$

$$U_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{36 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow \boxed{U_1 = 12\,V}$$

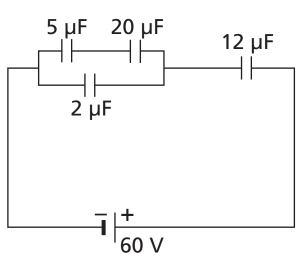
$$U_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{36 \cdot 10^{-6}}{6 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow \boxed{U_2 = 6\,V}$$

Respostas: $U_1 = 12$ V e $U_2 = 6$ V

33 Calcule a carga elétrica armazenada e a ddp em cada um dos capacitores do circuito a seguir:



Resolução:



$$C' = \frac{5 \cdot 20}{5 + 20} = \frac{100}{25} = 4\ \mu F$$

$$C'' = 4 + 2 = 6\ \mu F$$

$$C_{eq} = \frac{6 \cdot 12}{6 + 12} = \frac{72}{18} = 4\ \mu F$$

$$Q_{TOTAL} = Q_4 = C_{eq} \cdot U$$

$$Q_{TOTAL} = 4 \cdot 60 = 240\ \mu C$$

$$U_4 = \frac{Q_4}{C_4}$$

$$U_4 = \frac{240}{12} \rightarrow U_4 = 20\,V$$

$$U_3 = 60 - 20 = 40\,V$$

$$Q_3 = C_3 \cdot U_3$$

$$Q_3 = 2 \cdot 40 = 80\ \mu C$$

$$Q' = 240 - 80 = 160\ \mu C$$

$$Q_1 = Q_2 = 160\ \mu C \text{ (série)}$$

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1}$$

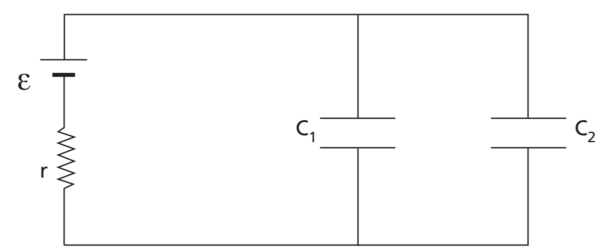
$$U_1 = \frac{160}{5} = 32\,V$$

$$U_2 = \frac{Q_2}{C_2}$$

$$U_2 = \frac{160}{20} = 8V$$

Respostas: $U_1 = 32$ V;
$U_2 = 8$ V;
$U_3 = 40$ V;
$U_4 = 20$ V;
$Q_1 = 160$ μC;
$Q_2 = 160$ μC;
$Q_3 = 80$ μC;
$Q_4 = 240$ μC

34 Os capacitores representados no esquema a seguir são planos e diferem apenas quanto ao meio existente entre as armaduras. No de capacitância C_1, o meio entre as armaduras é o vácuo e, no de capacitância C_2, é um material dielétrico.



Sabendo que os processos de carga desses capacitores já se encerraram, compare:

a) suas capacitâncias, C_1 e C_2;

b) as diferenças de potencial U_1 e U_2 entre seus terminais;

c) suas cargas Q_1 e Q_2;

d) as intensidades E_1 e E_2 do campo elétrico entre suas armaduras.

Resolução:

a) $C_1 = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$ e $C_2 = \varepsilon_r = C_1 \Rightarrow \boxed{C_2 > C_1}$ $(\varepsilon_r > 1)$

b) $U_1 = U_2 = \varepsilon$

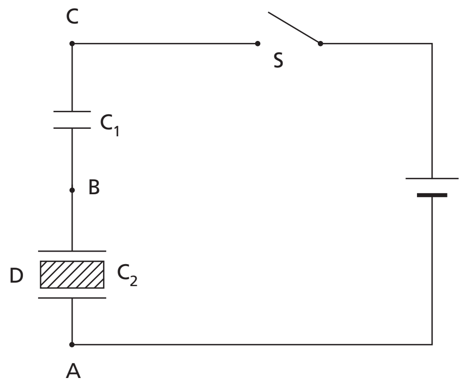
c) $Q_1 = C_1\varepsilon$ e $Q_2 = C_2\varepsilon$

$C_2 > C_1 \Rightarrow Q_2 > Q_1$

d) $E_1 = \frac{\varepsilon}{d}$ e $E_2 = \frac{\varepsilon}{d} \Rightarrow \boxed{E_1 = E_2}$

Respostas: a) $C_2 > C_1$;
b) $U_1 = U_2$;
c) $Q_2 > Q_1$;
d) $E_1 = E_2$

35 (FCC-SP) Na figura, C_1 e C_2 são capacitores de placas paralelas, sendo que a constante dielétrica de C_1 é 1 e a de C_2 é 10.



No instante t = 0, liga-se a chave **S** e os dois capacitores carregam-se. Em seguida, desliga-se a chave **S**. Retirando-se o dielétrico do capacitor C_2, verifica-se que:

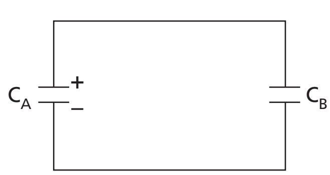
a) a carga total diminui, mas as diferenças de potencial U_{CB} e U_{BA} mantêm-se.
b) a carga total continua a mesma, mas a diferença de potencial U_{BA} aumenta.
c) a carga total e as diferenças de potencial continuam as mesmas.
d) a carga total continua a mesma e a diferença de potencial U_{BA} diminui.
e) nenhuma dessas alternativas se realiza.

Resolução:

- Com a chave desligada, a carga não se altera.
- C_2 diminui $\Rightarrow U_{BA} = \dfrac{Q_2}{C_2}$ aumenta

Resposta: b

36 **E.R.** Um capacitor **A**, de capacitância $C_A = 1\ \mu F$, ficou ligado, durante muito tempo, a uma bateria de força eletromotriz igual a 90 V e resistência interna **r**. Após ser desligado da bateria, esse capacitor foi associado, conforme a figura, a um outro capacitor **B**, de capacitância $C_B = 2\ \mu F$, inicialmente descarregado. Determine a carga elétrica final de cada um dos capacitores.



Resolução:

Quando ligamos um capacitor aos terminais de um gerador de corrente contínua, só existe corrente no circuito durante o processo de carga do capacitor. Terminado esse processo, a corrente no circuito anula-se e a diferença de potencial nos terminais do capacitor ou do gerador é igual à força eletromotriz, pois U = ε – r i e i = 0.

Calculando a carga elétrica armazenada no capacitor **A**, temos:

$Q_A = C_A U$

$Q_A = 1\ \mu F \cdot 90\ V \Rightarrow Q_A = 90\ \mu C$

Inicialmente, o capacitor **B** estava descarregado. Então:

$Q_B = 0$

Quando o capacitor **A** é ligado ao **B**, parte da sua carga passa para as armaduras do **B**, ficando as cargas elétricas finais na razão direta das capacitâncias e obedecendo ao Princípio da conservação das cargas.

Assim, temos:

$$\frac{Q'_A}{C_A} = \frac{Q'_B}{C_B} \text{ e } Q'_A + Q'_B = 90\ \mu C$$

Logo:

$$\frac{Q'_A}{1 \cdot 10^{-6}} = \frac{Q'_B}{2 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow Q'_B = 2\,Q'_A$$

Então:

$$Q'_A + 2\,Q'_A = 90\ \mu C \Rightarrow \boxed{Q'_A = 30\ \mu C}$$

e

$$Q'_B = 2 \cdot 30\ \mu C \Rightarrow \boxed{Q'_B = 60\ \mu C}$$

Resposta: $Q'_A = 30\ \mu C$; $Q'_B = 60\ \mu C$

37 (UFPI) Considere dois condensadores de capacitâncias C_1 e C_2. O capacitor C_1 está inicialmente carregado com uma carga **Q**, enquanto o outro está descarregado. Após se conectarem os dois capacitores em paralelo, as cargas finais nos condensadores C_1 e C_2 serão dadas respectivamente por:

a) $\left(\dfrac{C_1}{C_1+C_2}\right)Q$ e $\left(\dfrac{C_1+C_2}{C_1}\right)Q$

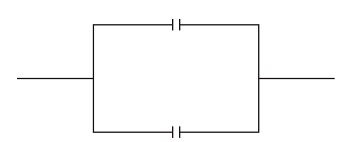
b) $\left(\dfrac{C_1}{C_1+C_2}\right)Q$ e $\left(\dfrac{C_1}{C_1+C_2}\right)Q$

c) $\left(\dfrac{C_1}{C_1-C_2}\right)Q$ e $\left(\dfrac{C_2}{C_1-C_2}\right)Q$

d) $\left(\dfrac{C_1}{C_1-C_2}\right)Q$ e $\left(\dfrac{C_1-C_2}{C_2}\right)Q$

e) $\left(\dfrac{C_1-C_2}{C_1}\right)Q$ e $\left(\dfrac{C_1-C_2}{C_2}\right)Q$

Resolução:



$$U_1 = U_2 = U = \frac{Q}{C_1}$$

Antes da conexão dos condensadores, $Q_1 = Q$ e $Q_2 = 0$. Logo, $Q_1 + Q_2 = Q$

Após a conexão, $Q'_1 + Q'_2 = Q$ e $\dfrac{Q'_1}{C_1} = \dfrac{Q'_2}{C_2}$

$$Q'_1 = \frac{C'_1}{C_2} \cdot Q'_2$$

$$\frac{C'_1}{C_2} \cdot Q'_2 + Q'_2 = Q$$

$$Q'_2\left(\frac{C_1}{C_2} + 1\right) = Q$$

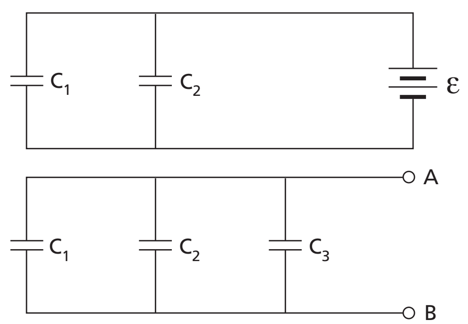
$$Q'_2\left(\frac{C_1 + C_2}{C_2}\right) = Q$$

$$Q'_2 = Q\left(\frac{C_2}{C_1+C_2}\right)$$

$$Q'_1 = Q\left(\frac{C_1}{C_1+C_2}\right)$$

Resposta: b

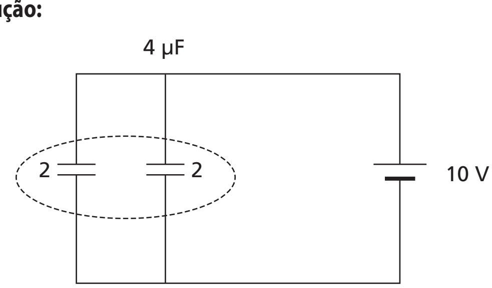
38 (UFV-MG)



$C_1 = 2\ \mu F$ $\quad C_2 = 2\ \mu F$ $\quad C_3 = 1\ \mu F$ $\quad \varepsilon = 10\ V$

Dois capacitores C_1 e C_2, ambos de 2 µF, são ligados em paralelo a uma fonte cuja tensão é de 10 volts. Depois de serem carregados, retira-se a fonte e introduz-se em paralelo um terceiro capacitor de 1 µF (descarregado), como mostram as figuras acima. Qual a diferença de potencial V_{AB} da nova associação?

Resolução:



Antes:

$Q_1 = 20\ \mu C \qquad Q_1 = C_1 \cdot U$

$Q_2 = 20\ \mu C \qquad Q_2 = C_2 \cdot U$

$Q_{TOTAL} = 40\ \mu C$

Depois $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 40\ \mu C$ (conservação das cargas)

$$V_{AB} = U_1 = U_2 = U_3$$

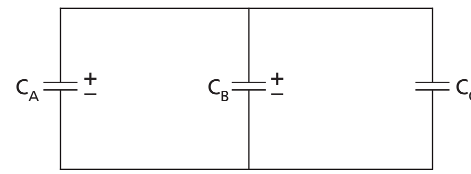
$$V_{AB} = \frac{Q'_1}{2} = \frac{Q'_2}{2} = \frac{Q'_3}{1} \quad \text{usando a propriedade das proporções}$$

$$V_{AB} = \frac{Q'_1 + Q'_2 + Q'_3}{2+2+1}$$

$$V_{AB} = \frac{40}{5} \Rightarrow V_{AB} = 8V$$

Resposta: 8 V

39 Dois capacitores, **A** e **B**, tal que a capacitância de **A** é o triplo da de **B**, são ligados separadamente aos terminais de uma bateria. A carga elétrica total adquirida por esses capacitores é de 18 µC. Em seguida, eles são ligados a um terceiro capacitor **C**, descarregado, conforme indica a figura:



Determine a carga elétrica final de cada capacitor, sabendo que a capacitância de **C** é igual à metade da de **B**.

Resolução:

$C_A = 3\,C_B$

$C_B = 2\,C_C$ e $Q_{AB} = 18\ \mu C$

Como os capacitores estão em paralelo, $U_A = U_B = U_C$. Então:

$$\frac{Q_A}{C_A} = \frac{Q_B}{C_B} = \frac{Q_C}{C_C} \Rightarrow \frac{Q_A}{6C_C} = \frac{Q_B}{2C_C} = \frac{Q_C}{C_C}$$

$$\frac{Q_A + Q_B + Q_C}{6+2+1} = \frac{Q_A}{6} = \frac{Q_B}{2} = \frac{Q_C}{1}$$

$$\frac{18}{9} = \frac{Q_A}{6} \Rightarrow Q_A = 12\ \mu C$$

$$\frac{18}{9} = \frac{Q_B}{2} \Rightarrow Q_B = 4\ \mu C$$

$$\frac{18}{9} = \frac{Q_C}{1} \Rightarrow Q_C = 2\ \mu C$$

Resposta: $Q_A = 12\ \mu C$; $Q_B = 4\ \mu C$; $Q_C = 2\ \mu C$

40 Sendo **R** uma resistência elétrica e **C** uma capacitância, prove que, no Sistema Internacional, a unidade do produto RC é o segundo (**s**).

Resolução:

$$U = Ri \Rightarrow \text{ohm} = \frac{\text{volt}}{\text{ampère}} = \frac{\text{volt}}{\frac{\text{coulomb}}{\text{segundo}}} = \frac{\text{volt} \cdot \text{segundo}}{\text{coulomb}}$$

$$C = \frac{Q}{U} \Rightarrow \text{farad} = \frac{\text{coulomb}}{\text{volt}}$$

Assim:

$$\text{ohm} \cdot \text{farad} = \frac{\text{volt} \cdot \text{segundo}}{\text{coulomb}} \cdot \frac{\text{coulomb}}{\text{volt}}$$

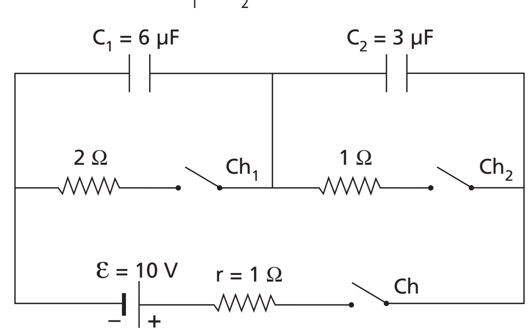
$$\boxed{\Omega \cdot F = s}$$

Resposta: $\Omega \cdot F = s$

41 No circuito da figura a seguir, as chaves estão abertas e os capacitores descarregados. Calcule as cargas finais nos capacitores de capacitâncias C_1 e C_2 quando:

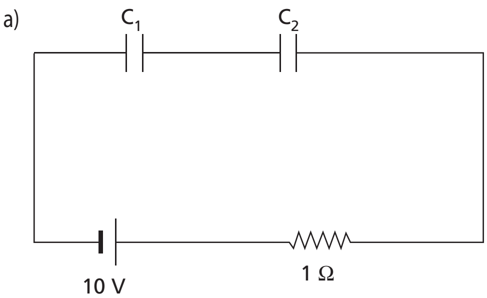
a) se fecha somente Ch;

b) se fecham **também** Ch_1 e Ch_2.



Resolução:

a)



$$C_{eq}=\frac{6\cdot 3}{6+3}=\frac{18}{9}=2\ \mu F$$

Depois do carregamento, a corrente no circuito cessa e U = 10V

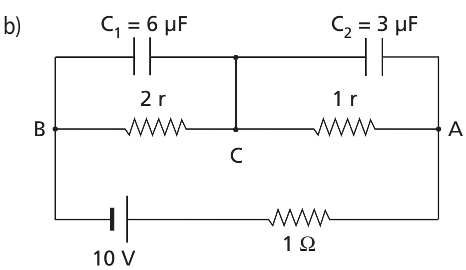
$Q_{TOTAL} = C_{eq} \cdot U$

$Q_{TOTAL} = 2 \cdot 10 = 20\ \mu C$

$Q_1 = 20\ \mu C$

$Q_2 = 20\ \mu C$

b)



$$i=\frac{10}{4}=2{,}5a$$

$U_{AC} = 2{,}5\ V \to Q_2 = 3\cdot 2{,}5 = 7{,}5\ \mu C$

$U_{BC} = 5\ V \to Q_1 = 3\cdot 5 = 30\ \mu C$

Resposta: a) $Q_1 = 20\ \mu C$ e $Q_2 = 20\ \mu C$; b) $Q_1 = 30\ \mu C$ e $Q_2 = 7{,}5\ \mu C$

42 Calcule a energia elétrica armazenada em um capacitor de placas planas e paralelas, que apresentam densidade superficial de carga uniforme e de valor absoluto σ, sabendo que o volume limitado pelas armaduras é **V**. Admita que entre as placas existe ar (ou vácuo), cuja permissividade absoluta é ε_0.

Resolução:

A energia armazenada é dada por:

$$E=\frac{C\,U^2}{2}$$

Sendo $C=\frac{\varepsilon_0 A}{d}$ e $U = E\,d\frac{\sigma\, d}{\varepsilon_0}$, temos:

$$E=\frac{\frac{\varepsilon_0 A}{d}\cdot\frac{\sigma^2 d^2}{\varepsilon_0^2}}{2}=\frac{\sigma^2 A\, d}{2\,\varepsilon_0}\Rightarrow E=\frac{\sigma^2\, V}{2\,\varepsilon_0}$$

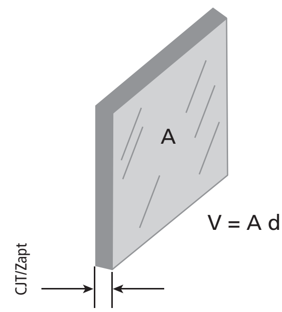
Resposta: $\frac{\sigma^2\, V}{2\,\varepsilon_0}$

43 (ITA-SP) Algumas células do corpo humano são circundadas por paredes revestidas externamente por uma película com carga positiva e, internamente, por outra película semelhante, mas com carga negativa de mesmo módulo. Considere sejam conhecidas: densidade superficial de ambas as cargas $\sigma = \pm\ 0{,}50 \cdot 10^{-6}\ C/m^2$; $\varepsilon_0 \cong 9{,}0 \cdot 10^{-12}\ C^2/Nm^2$; parede com volume de $4{,}0 \cdot 10^{-16}\ m^3$ e constante dielétrica k = 5,0. Assinale, então, a estimativa da energia total acumulada no campo elétrico dessa parede.

a) 0,7 eV b) 1,7 eV c) 7,0 eV d) 17 eV e) 70 eV

Resolução:

Tratando essa parede como um capacitor plano, temos:



- $|\sigma|=\frac{Q}{A}\Rightarrow Q=|\sigma|A\ (\mathrm{I})$
- $E=\frac{|\sigma|}{\varepsilon}=\frac{U}{d}\Rightarrow U=\frac{|\sigma|d}{\varepsilon}\ (\mathrm{II})$
- $E_p=\frac{QU}{2}=\frac{(|\sigma|A)\cdot(|\sigma|d)}{2\varepsilon}=\frac{|\sigma|^2 V}{2_k\varepsilon_0}$

$$E_p=\frac{(0{,}50\cdot 10^{-6})^2\cdot(4\cdot 10^{-16})}{2\cdot 5{,}0\cdot 9{,}0\cdot 10^{-12}}\Rightarrow E_p=\frac{1}{9}\cdot 10^{-17}\ J$$

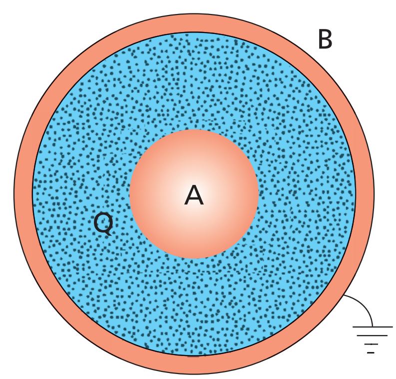
$1{,}6\cdot 10^{-19}\ J \to 1\ eV$

$1{,}9\cdot 10^{-17}\ J \to E_p \Rightarrow E_p \cong 7{,}0\ eV$

Resposta: c

44 Na figura a seguir, temos um capacitor esférico. A armadura interna **A** foi eletrizada com uma carga positiva **Q**. A armadura externa **B**, por sua vez, foi ligada à Terra. Na região entre as armaduras, existe um dielétrico de permissividade absoluta ε. Sendo R_A e R_B os raios de curvatura das armaduras **A** e **B**, prove que a capacitância desse capacitor é dada por:

$$C=\frac{4\pi\varepsilon R_A R_B}{R_B - R_A}$$



Resolução:

Ao se ligar **B** à Terra, **B** adquire, por indução total, uma carga –Q.

Assim:

$$\nu_A = \frac{K\,A}{R_A} + \frac{K\,(-Q)}{R_B}$$

Mas $Q = C\,U \Rightarrow Q = C\,(\nu_A - \nu_B)$, em que $\nu_B = 0$.

Então:

$$Q = C\,\nu_A \Rightarrow Q = C\left(\frac{K\,Q}{R_A} - \frac{K\,Q}{R_B}\right)$$

$$1 = C\,K\left(\frac{R_B - R_A}{R_A R_B}\right) \Rightarrow C = \frac{1}{K} \cdot \frac{R_A R_B}{R_B - R_A}$$

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \Rightarrow \frac{1}{K} = 4\pi\varepsilon$$

Então:

$$C = \frac{4\pi\varepsilon\, R_A R_B}{R_B - R_A}$$

Resposta: $\dfrac{4\pi\varepsilon\, R_A R_B}{R_B - R_A}$

45 (ITA-SP) Vivemos dentro de um capacitor gigante, onde as placas são a superfície da Terra, com carga –Q, e a ionosfera, uma camada condutora na atmosfera, a uma altitude h = 60 km, carregada com carga +Q. Sabendo que, nas proximidades do solo junto à superfície da Terra, o módulo do campo elétrico médio é de 100 V/m e considerando h << raio da Terra ≅ 6 400 km, determine a capacitância desse capacitor gigante e a energia elétrica armazenada.

Considere $\dfrac{1}{(4\pi\varepsilon_0)} = 9{,}0 \cdot 10^9\, Nm^2/C^2$.

Resolução:

Sendo **h** muito menor que o raio **R** da Terra, podemos considerar esse "capacitor gigante" como sendo a associação em paralelo de muitos capacitores planos elementares cada um com área **a** e capacitância $C = \dfrac{\varepsilon_0 A}{h}$.

Sendo $A = 4\pi R^2$ a área total, temos;

$$\bullet\ C_{total} = \Sigma C = \frac{\frac{1}{4\pi \cdot 9{,}0 \cdot 10^9} \cdot 4\pi\left(6{,}4 \cdot 10^6\right)^2}{6{,}0 \cdot 10^3}$$

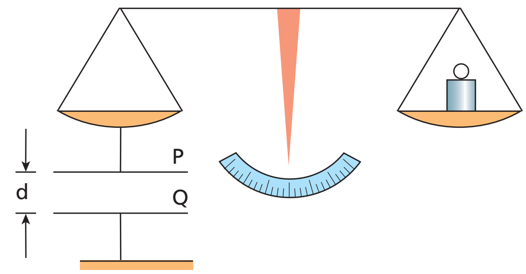
$$\boxed{C_{total} = 7{,}6 \cdot 10^{-2}\,F}$$

$$\bullet\ E_p = \frac{C_{total} U^2}{2} = \frac{C_{total}\left(E\,h\right)^2}{2} = \frac{\left(7{,}6 \cdot 10^{-2}\right) \cdot \left(100^2\right) \cdot \left(60 \cdot 10^3\right)^2}{2}$$

$$\boxed{E_p = 1{,}4 \cdot 10^{12}\,J}$$

Resposta: $7{,}6 \cdot 10^{-2}$ F e $1{,}4 \cdot 10^{12}$ J, respectivamente

46 Na figura, temos uma balança de braços iguais, em equilíbrio, sustentando uma placa metálica retangular **P** em um dos pratos. Uma outra placa **Q**, idêntica à primeira, é mantida fixa na posição indicada. Inicialmente, as duas placas estão neutras.



Sendo ε a permissividade do ar entre as placas e **A** a área de cada face das placas, determine o peso que se deve acrescentar ao prato direito da balança para que o equilíbrio inicial mantenha-se inalterado quando se estabelece uma diferença de potencial **U** entre as placas **P** e **Q**.

Resolução:

As placas **P** e **Q** constituem um capacitor plano de capacidade **C**, dada por:

$$C = \frac{\varepsilon_A}{d}$$

Quando esse capacitor é eletrizado sob ddp igual a **U**, sua carga vale:

$$Q = CU = \frac{\varepsilon AU}{d}$$

O campo elétrico entre as placas tem intensidade **E**, dada por:

$$E = \frac{U}{d}$$

Metade dessa intensidade é devida a uma placa e a outra metade é devida à outra placa $\left(E = \frac{E}{2} + \frac{E}{2}\right)$ e cada placa submete-se **apenas ao campo criado pela outra**. Assim, a placa **P** é atraída pela placa **Q** por uma força de intensidade **F**, dada por:

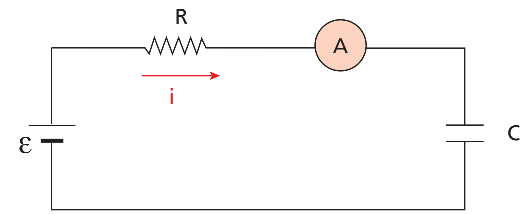
$$F = q\frac{E}{2} = \frac{\varepsilon AU}{d} \cdot \frac{\frac{U}{d}}{2}$$

$$F = \frac{\varepsilon AU^2}{2d^2}$$

Resposta: $\dfrac{\varepsilon AU^2}{2d^2}$

47 (Unisa-SP) No circuito da figura, qual é a carga (em coulombs) armazenada no capacitor quando o amperímetro marca corrente i = 0,2 A? O gerador e o amperímetro são ideais.

ε = 12 V; R = 10 Ω; C = $2 \cdot 10^{-3}$ F.



Resolução:

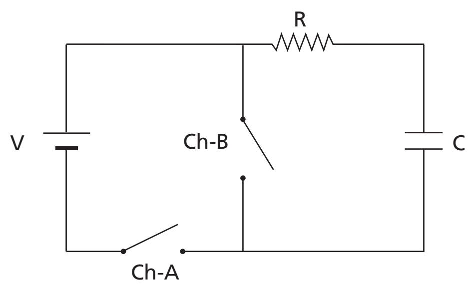
Nesse capacitor **em processo de carga**, temos:

$U = \varepsilon - R\,i = 12 - 10 \cdot 0{,}2 \Rightarrow U = 10\,V$

$Q = C\,U = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \Rightarrow Q = 2 \cdot 10^{-2}\,C$

Resposta: $2 \cdot 10^{-2}$ C

48 (Olimpíada Brasileira de Física) Um circuito RC é um caso particular de um circuito elétrico contendo apenas uma resistência e um capacitor. Considere um desses circuitos em que os dois componentes são ligados a uma fonte e a duas chaves que podem permitir ou não a passagem de corrente nos ramos do circuito.



No caso do capacitor totalmente descarregado, ao fecharmos somente a chave **A**, ele começará a se carregar. A função que rege o carregamento do capacitor, nessa circunstância, é

$Q(t) = CV\,(1 - e^{-t/RC})$.

Quando o capacitor estiver completamente carregado com uma determinada carga Q_0, abre-se a chave **A** e fecha-se a chave **B**, iniciando-se a descarga do capacitor. Nesse caso, a relação entre a carga **Q** no capacitor e o tempo é dada pela função $Q(t) = Q_0\, e^{-t/RC}$.

Sendo assim:

a) Qual a relação entre os tempos para se carregar o capacitor até a metade de sua carga máxima e o tempo para descarregar o mesmo capacitor a partir de sua carga máxima até a metade da mesma?

b) Em que instante ocorre o maior valor de corrente no circuito quando o capacitor está sendo carregado? Considerando $V = 20\ V$, $R = 50\ \Omega$ e $C = 5\ \mu F$, qual a carga armazenada no capacitor quando a corrente no circuito for $i = 0{,}1\ A$?

c) Para os valores do item **b**, qual a energia máxima liberada na descarga desse capacitor?

Resolução:

a) Q_0 é a carga máxima acumulada no capacitor.

Para descarregar metade da carga:

$$Q=\frac{Q_0}{2}=Q_0 e^{-\frac{td}{RC}} \Rightarrow 0{,}5=e^{-\frac{td}{RC}} \Rightarrow \ln 0{,}5=-\frac{td}{RC} \Rightarrow td=-RC\ln 0{,}5$$

Para carregar até a metade da carga:

$$Q=\frac{Q_0}{2}=CV\left(1-e^{-\frac{tc}{RC}}\right),\ \text{mas}\ Q_0=CV \Rightarrow 0{,}5=1-e^{-\frac{tc}{RC}} \Rightarrow$$

$$-0{,}5=-e^{-\frac{tc}{RC}} \Rightarrow t_c=-RC\ln 0{,}5$$

Logo, os tempos são iguais.

b) O maior valor de corrente é no instante em que se liga a chave A ($t = 0$), pois, não existindo carga acumulada no capacitor, a resistência fica submetida à tensão máxima V.

Quando a corrente for $i = 0{,}1\ A$, temos:

$V_{capacitor} = V - Ri = 20 - 50 \cdot 0{,}1 = 15\ V$

A carga acumulada no capacitor é:

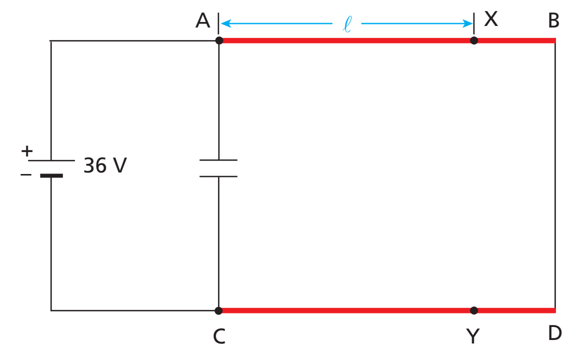
$Q = CV = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 15 = 45 \cdot 10^{-6}\ C = 45\ \mu C$.

c) A energia máxima liberada ocorrerá quando o capacitor se descarregar a partir de sua carga máxima:

$$E=\frac{1}{2}=CV^2=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}=\frac{1}{2}\left(5\cdot 10^{-6}\right)20^2=0{,}001=1\,mJ$$

Respostas: a) Os tempos são iguais;
b) 0 e 45 μC;
c) $E=\frac{1}{2}=CV^2=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}=\frac{1}{2}\left(5\cdot 10^{-6}\right)20^2=0{,}001=1\,mJ$

49 O gerador representado no circuito é ideal e sua força eletromotriz vale 36 V. Os condutores AB e CD, de 100 m cada um, são homogêneos e apresentam resistência de 1,5 Ω por metro de comprimento. O fio BD tem resistência desprezível. O capacitor, de capacitância igual a 5 μF, está ligado aos pontos **A** e **C**:



a) Calcule a carga elétrica armazenada no capacitor.

b) Os pontos **X** e **Y** distam ℓ de **A** e **C**, respectivamente. Calcule, em função de ℓ, a carga que o capacitor é capaz de armazenar quando ligado aos pontos **X** e **Y**.

Resolução:

a) $Q = C\,U \Rightarrow Q = 5 \cdot 36 \Rightarrow Q = 180\ \mu C$

b) Inicialmente, calculemos a corrente elétrica no circuito, lembrando que, após o processo de carga do capacitor, não há corrente no ramo em que ele se encontra. Os condutores **AB** e **CD** têm 150 Ω de resistência cada um. Assim:

$\varepsilon = R_{eq}\, i \Rightarrow 36 = 300\, i \Rightarrow i = 0{,}12\ A$

$U_{XY} = \varepsilon - (R_{AX} + R_{CY})i = 36 - (1{,}5\,\ell + 1{,}5\,\ell)\,0{,}12$

$U_{XY} = 36 - 0{,}36\,\ell$

$Q = C\,U_{XY} \Rightarrow Q = 5\,(36 - 0{,}36\,\ell)$

$Q = 180 - 1{,}8\,\ell$ (ℓ em metros e **Q** em microcoulombs)

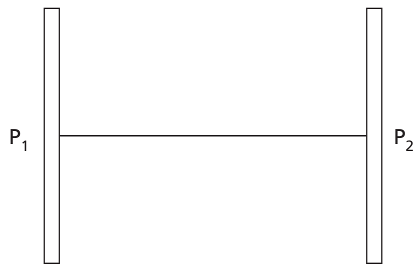
Respostas: a) 180 μC; $180 - 1{,}8\,\ell$

50 (IME-RJ) Entre duas placas metálicas paralelas e que constituem um capacitor de capacitância $C = 0{,}08\ \mu F$, coloca-se esticado um fio de náilon que vibra na frequência fundamental $f_1 = 100\ Hz$.

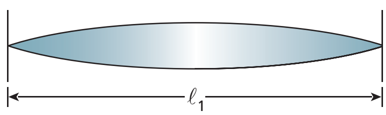
Retira-se o fio, altera-se a distância entre as placas e coloca-se entre elas outro fio de náilon, com as mesmas propriedades físicas do primeiro, porém de comprimento tal que, agora, a frequência fundamental de vibração seja $f_2 = 250\ Hz$.

Sabendo que as placas permanecem sempre carregadas com $Q = 2\ \mu C$, determine a tensão elétrica entre elas na segunda distância da experiência.

Obs.: Não considere o efeito dielétrico do fio de náilon e suponha o fio igualmente tracionado nos dois casos.



Resolução:

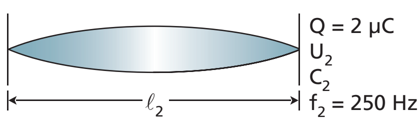


$C_1 = 0{,}08\ \mu F$

$Q = 2\ \mu C$

$U_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{2}{0{,}08} \Rightarrow U_1 = 25\ V$

$f_1 = 100\ Hz$



Como $f = \frac{N\,v}{2\ell}$ e $N = 1$, temos:

$$\left.\begin{aligned} f_1 &= \frac{v}{2\ell_1} = 100 \\ f_2 &= \frac{v}{2\ell_2} = 250 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{\ell_2}{\ell_1} = \frac{2}{5}$$

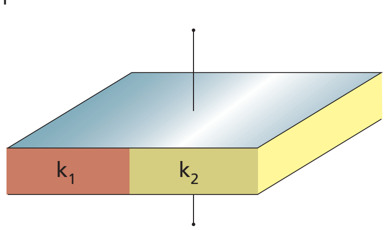
Como $C = \frac{\varepsilon A}{d}$ e $Q = C\,U$, temos:

$$\left.\begin{aligned} Q &= \frac{\varepsilon A}{\ell_1} U_1 \\ Q &= \frac{\varepsilon A}{\ell_2} U_2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{U_1}{\ell_2} = \frac{U_2}{\ell_2} \Rightarrow U_2 = U_1\,\frac{\ell_2}{\ell_1}$$

$U_2 = 25\,\frac{2}{3} \Rightarrow U_2 = 10$

Resposta: 10

51 Metade da região entre as placas de um capacitor plano é preenchida por um dielétrico de constante dielétrica k_1, e a outra metade é preenchida por outro dielétrico de constante dielétrica k_2.



Sendo **A** a área de cada placa, **d** a distância que as separa e ε_0 a permissividade do vácuo, prove que a capacitância **C** desse capacitor é dada por:

$$C = \frac{\varepsilon_0 (k_1 + k_2) A}{2\,d}$$

Resolução:

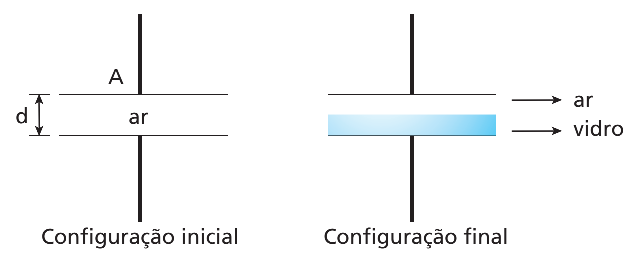
As duas metades desse capacitor podem ser consideradas dois capacitores associados em paralelo. Então:

$$C = C_1 + C_2 = \frac{\varepsilon_0 k_1 \frac{A}{2}}{d} + \frac{\varepsilon_0 k_2 \frac{A}{2}}{d}$$

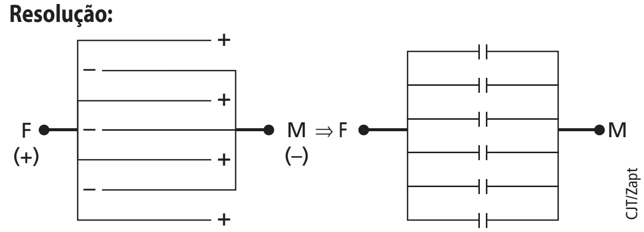
$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{2d}(k_1 + k_2)$$

Resposta: $C = \frac{\varepsilon_0 A}{2d}(k_1 + k_2)$

52 (ITA-SP) A figura mostra um capacitor de placas paralelas de área **A** separadas pela distância **d**. Inicialmente o dielétrico entre as placas é o ar e a carga máxima suportada é Q_i. Para que esse capacitor suporte uma carga máxima Q_f, foi introduzida uma placa de vidro de constante dielétrica **k** e espessura $\frac{d}{2}$. Sendo mantida a diferença de potencial entre as placas, calcule a razão entre as cargas Q_f e Q_i.



Resolução:



Com **n** placas, temos uma associação de (n – 1) capacitores planos de área **A**, em paralelo, cada um deles com capacitância igual a $\frac{\varepsilon_0 A}{d}$.

Então, a capacitância do sistema é dada por:

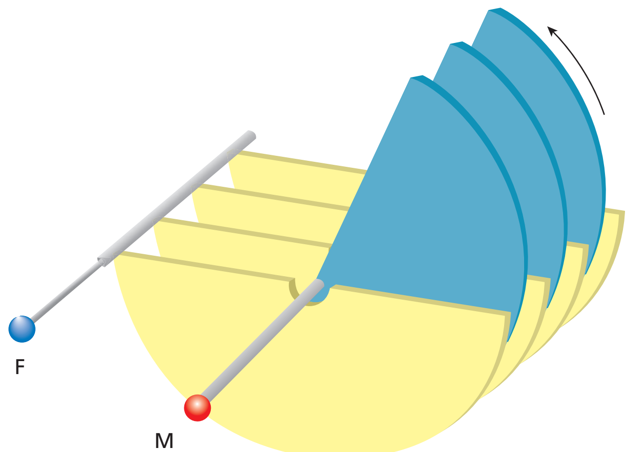
$$C = n - 1\frac{\varepsilon_0 A}{d}$$

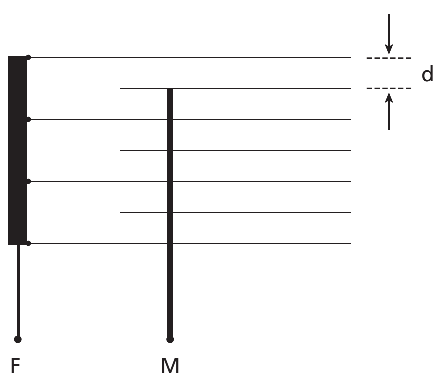
Resposta: $n - 1\frac{\varepsilon_0 A}{d}$

53 A figura a seguir representa um dos tipos de capacitores usados no circuito de sintonia dos receptores de rádio. Esse capacitor é constituído de um conjunto fixo (terminal **F**) e de um conjunto móvel (terminal **M**) de placas metálicas semicirculares, cada uma delas de área **A**, situadas no ar (permissividade ε_0).

Quando giramos o conjunto móvel, alteramos a área útil do capacitor e, com isso, alteramos a sua capacitância **C**. Para diferentes valores de **C**, o receptor sintoniza, por ressonância, diferentes frequências de ondas de rádio, ou seja, sintoniza diferentes emissoras.

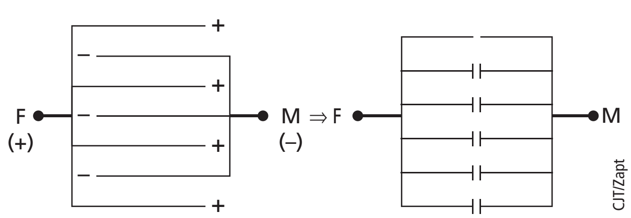
Sendo **n** o número total de placas, determine a capacitância máxima desse capacitor.





Capacitor visto de cima.

Resolução:



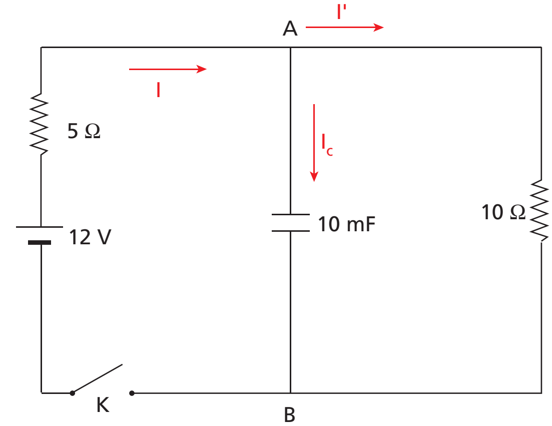
Com **n** placas, temos uma associação de (n – 1) capacitores planos de área **A**, em paralelo, cada um deles com capacitância igual a $\frac{\varepsilon_0 A}{d}$, no máximo.

Então, a capacitância máxima do sistema é dada por:

$$\boxed{C = (n-1)\frac{\varepsilon_0 A}{d}}$$

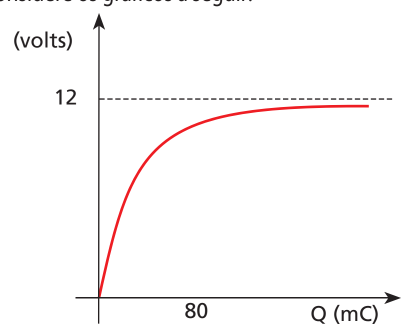
Resposta: $(n-1)\frac{\varepsilon_0 A}{d}$

54 (UFMS) No circuito a seguir, I_C, I' e **I** representam, respectivamente, as intensidades das correntes que passam pelo capacitor de capacitância 10 mF, inicialmente descarregado, pelo resistor de 10 Ω, e pelo gerador de força eletromotriz 12 V e resistência interna de 5 Ω. Seja **Q** a carga armazenada no capacitor após um tempo **t** qualquer do fechamento da chave **K**.

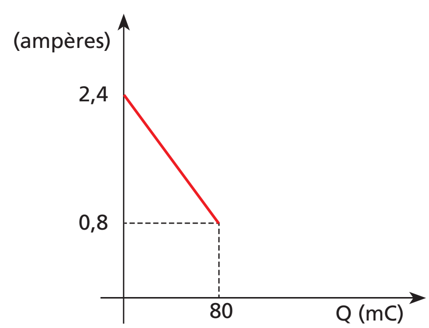


Considere os gráficos a seguir:

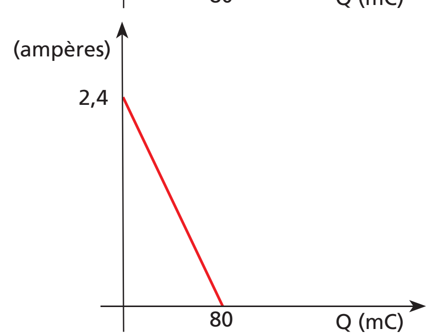
a)



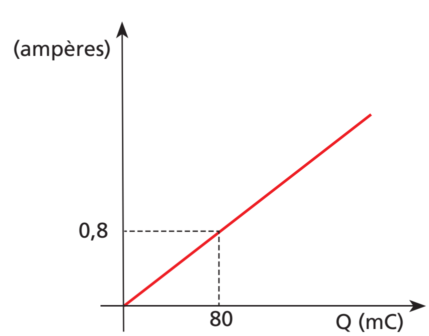
b)



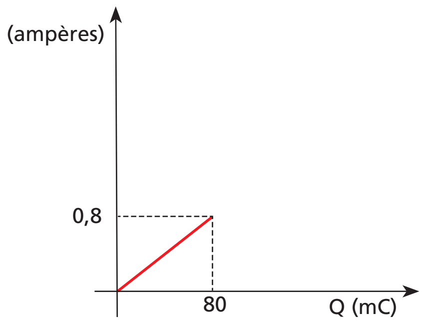
c)



d)



e)



É correto afirmar que:

(01) o gráfico **c** representa I_C em função de **Q**.

(02) o gráfico **d** representa I' em função de **Q**.

(04) o gráfico **e** representa I' em função de **Q**.

(16) o gráfico **a** representa a ddp ($V_A - V_B$) em função de **Q**.

(64) o gráfico **b** representa **I** em função de **Q**.

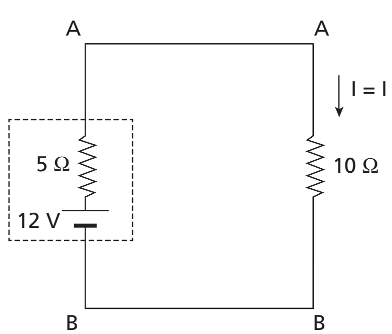
Dê como resposta a soma dos números associados às afirmações corretas.

Resolução:

01. *Incorreta*. Quando o capacitador está totalmente carregado, temos:

Como $I = \dfrac{E}{r + R_{eq}}$,

temos $I = \dfrac{12}{5+10} \therefore I = 0{,}8$ A

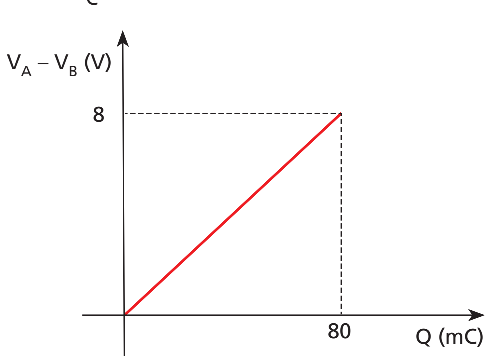


Assim: $V_A - V_B = E - r \cdot I = 12 - 5 \cdot 0{,}8 \therefore V_A - V_B = 8$V

Dessa forma, a máxima carga do capacitor será:

$Q = C \cdot U = C \cdot (V_A - V_B) \quad \therefore \quad Q_{máx} = 80$ mC

E como $V_A - V_B = \dfrac{Q}{C}$, o gráfico será uma reta crescente:



02. *Correta*. No gerador, temos:

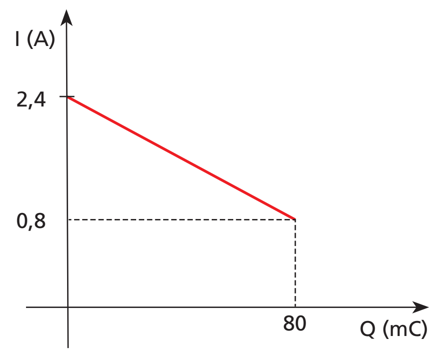
$V_A - V_B = E - r \cdot I$

$V_A - V_B = 12 - 5 \cdot I \Rightarrow I = \dfrac{12 - (V_A - V_B)}{5}$

Como $V_A - V_B = \dfrac{Q}{C} = \dfrac{Q}{10}$:

$I = \dfrac{12 - \frac{Q}{10}}{5}$ (A; mC)

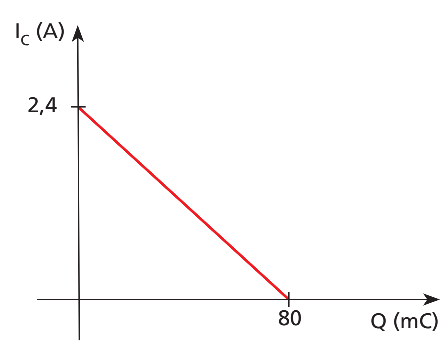
O gráfico correspondente é:



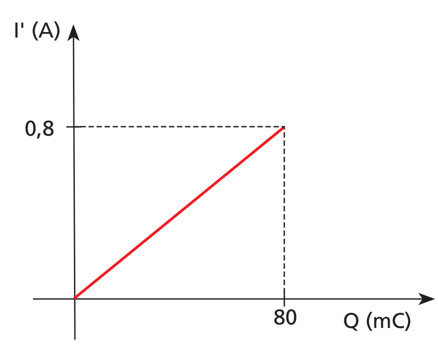
04. Correta. No resistor: $i = \dfrac{U}{R} \Rightarrow I' = \dfrac{V_A - V_B}{10} = \dfrac{Q/C}{10} \Rightarrow I' = \dfrac{Q}{100}$ (A; mC)

Como $I = I_C + I' \Rightarrow I_C = I - I' = \dfrac{12 - Q/10}{5} - \dfrac{Q}{100} \Rightarrow I_C = \dfrac{240 - 3Q}{100}$ (A; mC)

O gráfico fica:



08. *Incorreta*. Do item 04: $I' = \dfrac{Q}{100}$ (A; mC)



Lembre que $Q_{máx} = 80$ mC.

16) *Correta*: Veja itens 04 e 08.

Resposta: 02 + 04 + 16 = 22

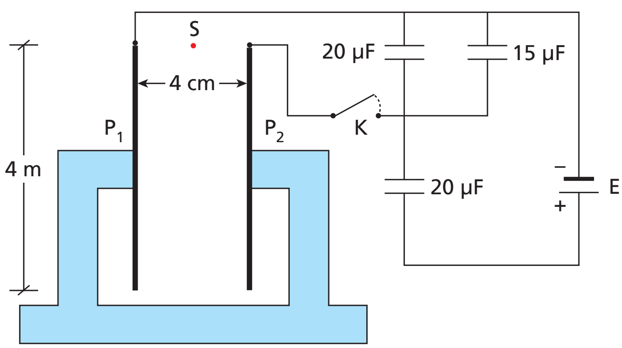
55 (IME-RJ) A figura a seguir mostra duas placas metálicas retangulares e paralelas, com 4 m de altura e afastadas de 4 cm, constituindo um capacitor de 5 μF. No ponto **S**, equidistante das bordas superiores das placas, encontra-se um corpo puntiforme com 2 g de massa e carregado com +4 μC.

O corpo cai livremente e, após 0,6 s de queda livre, a chave **K** é fechada, ficando as placas ligadas ao circuito capacitivo em que a fonte **E** tem 60 V de tensão. Determine:

a) com qual das placas o corpo irá se chocar (justifique sua resposta);

b) a que distância da borda inferior da placa se dará o choque.

Dado: aceleração da gravidade: $g = 10\ m/s^2$.



Resolução:

1. Como a partícula tem carga positiva, ela irá se deslocar atraída por cargas negativas. Analisando o circuito, nota-se que o terminal negativo da fonte motor está ligado à placa P_1 do capacitor. Portanto, a partícula de carga $+ 4 \cdot 10^6$ C irá se chocar com a placa P_1.

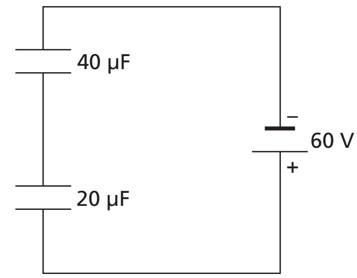
2. Antes do fechamento da chave **K**, a partícula cai em queda livre por 0,6 s (intervalo 1):

$v_{2y} = v_{0y} + gt_1 = 0 + 10 \cdot 0,6 \Rightarrow v_{2y} = 6\ m/s$

$$v_{2_y}^2 = v_{0_y}^2 + 2 \cdot g \cdot \Delta y_1 = \frac{6^2}{2 \cdot 10} \therefore \Delta y_1 = 1,80\ m$$

Após o fechamento da chave **K**, surge uma força entre as placas dada por $F_x = q \cdot E = \frac{q \cdot U}{d}$ (I), onde **U** é a tensão entre as placas, e d = 4 cm.

Analisando-se os capacitores em paralelo, após o fechamento da chave **K**, conclui-se que o circuito é equivalente a:



$$Q = C_{eq} V = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \cdot V\ \frac{40\,\mu \cdot 20\,\mu}{60\,\mu} \cdot 60 = 800\ \mu C$$

Logo, a tensão **U** vale:

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{800\,\mu}{40\,\mu} \Rightarrow U = 20\ V \qquad \text{(II)}$$

Substituindo (II) em (I):

$$F_x = \frac{4\,\mu \cdot 20}{4 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow F_x = 2 \cdot 10^{-3}\ N$$

Portanto, a partícula passará a sofrer uma aceleração (a_x):

$$a_x = \frac{F_x}{m} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} = 1\ m/s^2$$

O tempo gasto do fechamento de **K** até a colisão pode ser obtido pela equação cinemática:

$$\Delta x_2 = \frac{a_x t_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta x_2}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{1}} = 0,20\ s$$

Então,

$$\Delta y = v_{2_y} t_2 + \frac{g t_2^2}{2} = 6 \cdot 0,20 + \frac{10 \cdot 0,20}{2} \Rightarrow \Delta y_2 = 1,40 m$$

Logo, a distância da borda inferior ao ponto de colisão é:

$\Delta y = 4 - \Delta y_1 - \Delta y_2 \Rightarrow \Delta y = 0,8\ m$

Respostas: a) P_1; o terminal negativo da fonte motor está ligado à placa P_1 do capacitor; b) 0,8 m

Parte III – ELETROMAGNETISMO

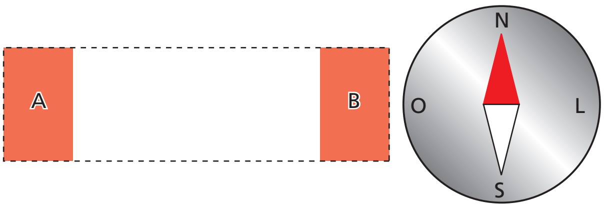
Tópico 1

1 Qual dos materiais a seguir interage magneticamente com os polos de um ímã?

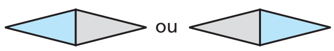
vidro — borracha — alumínio — cobre — ferro

Resposta: ferro

2 A figura a seguir representa uma bússola em repouso sobre uma mesa de madeira, vista de cima:



Como ficará a agulha dessa bússola se um ímã em forma de barra reta for encaixado no retângulo tracejado, com seus polos magnéticos ocupando as regiões **A** e **B** do retângulo? Considere o campo magnético da Terra desprezível em comparação ao do ímã.

Resposta: 

3 Indique a alternativa correta.

a) Nas proximidades do polo norte geográfico da Terra encontra-se o polo norte magnético.

b) Os polos norte geográfico e sul magnético da Terra encontram-se exatamente no mesmo local.

c) Polos magnéticos de mesmo nome (norte e norte ou sul e sul) se atraem.

d) Os polos magnéticos norte e sul de um ímã são regiões eletrizadas com carga positiva e negativa, respectivamente.

e) Quando um ímã é quebrado em dois ou mais pedaços, cada um deles continua tendo dois polos magnéticos: o norte e o sul.

Resposta: e

4 (Fuvest-SP) Um ímã, em forma de barra, de polaridade **N** (norte) e **S** (sul), é fixado em uma mesa horizontal. Um outro ímã semelhante, de polaridade desconhecida, indicada por **A** e **T**, quando colocado na posição mostrada na figura 1, é repelido para a direita.

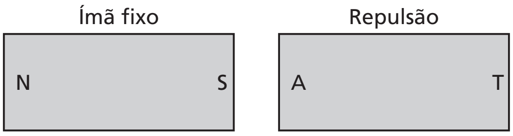
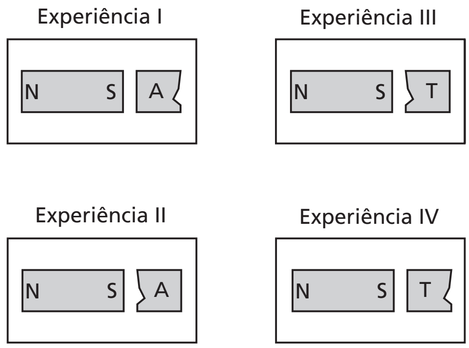


Figura 1

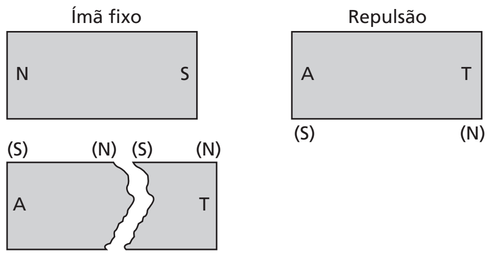
Quebra-se esse ímã ao meio e, utilizando as duas metades, fazem-se quatro experiências, representadas nas figuras I, II, III e IV, em que as metades são colocadas, uma de cada vez, nas proximidades do ímã fixo.



Indicando por "nada" a ausência de atração ou repulsão da parte testada, os resultados das quatro experiências são, respectivamente:

	I	II	III	IV
a)	repulsão	atração	repulsão	atração
b)	repulsão	repulsão	repulsão	repulsão
c)	repulsão	repulsão	atração	atração
d)	repulsão	nada	nada	atração
e)	atração	nada	nada	repulsão

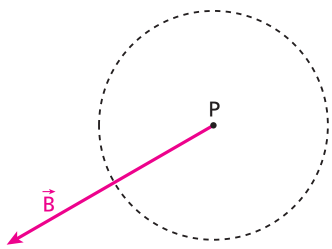
Resolução:



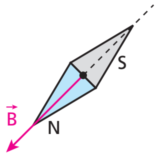
Lembrando que polos magnéticos de mesmo nome se repelem e polos magnéticos de nomes diferentes se atraem, concluímos que a alternativa correta é a **a**.

Resposta: a

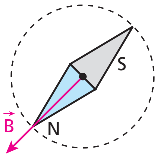
5 O vetor indução magnética em um determinado ponto **P** está representado na figura. Indique a posição de equilíbrio estável assumida pela agulha de uma bússola colocada na região circular tracejada.



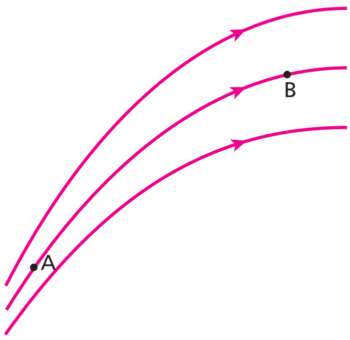
Resolução:
A agulha alinha-se com $\vec{B}$ e seu polo norte magnético aponta no sentido de $\vec{B}$.



Resposta:

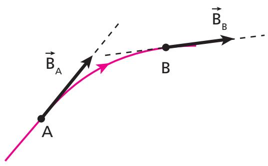


6 A figura representa algumas linhas de indução de um campo magnético:



a) Copie a figura e desenhe o vetor indução magnética nos pontos **A** e **B**.
b) Em qual desses pontos o campo magnético é mais intenso? Justifique.

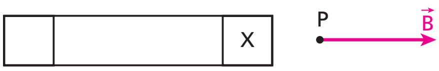
Respostas:
a)



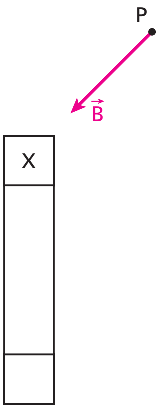
b) Em **A**, porque nessa região as linhas de indução estão mais concentradas.

7 Dado o vetor indução magnética $\vec{B}$ que um ímã cria em um ponto **P**, identifique o polo magnético **X** nos seguintes casos:

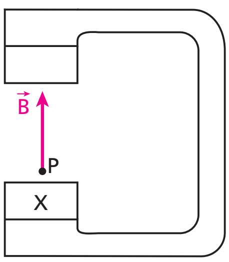
a)



b)

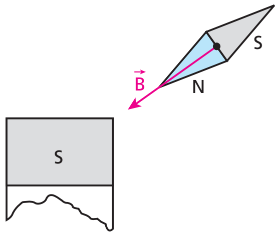


c)

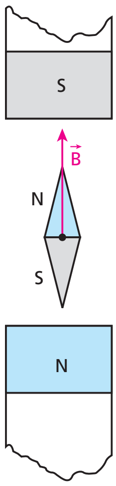


Resolução:
a) Polo norte magnético:

b) Polo sul magnético:

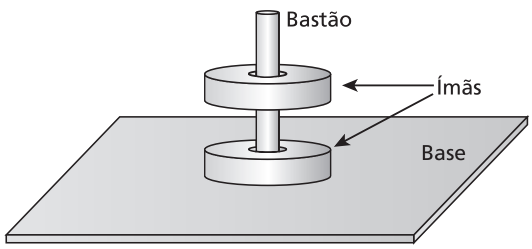


c) Polo norte magnético:



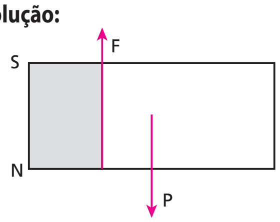
Respostas: a) Polo norte magnético; b) polo sul magnético; c) polo norte magnético

8 (UFMG) Na figura, dois ímãs iguais, em forma de anel, são atravessados por um bastão que está preso em uma base. O bastão e a base são de madeira. Considere que os ímãs se encontram em equilíbrio e que o atrito entre eles e o bastão é desprezível.

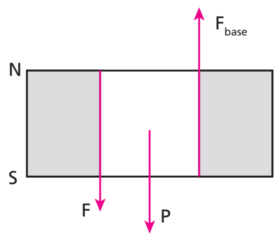


Nessas condições, o módulo da força que a base exerce sobre o ímã de baixo é:
a) igual ao peso desse ímã.
b) nulo.
c) igual a duas vezes o peso desse ímã.
d) maior que o peso desse ímã e menor que o dobro do seu peso.

Resolução:



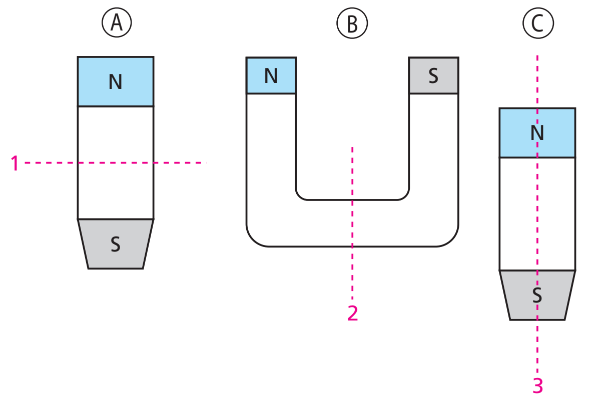
$\Rightarrow F = P$



$\Rightarrow F_{base} = F + P = P + P = 2P$

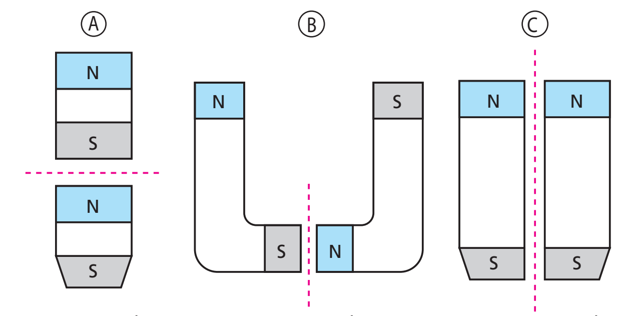
Resposta: c

9 Os ímãs **A**, **B** e **C** representados na figura a seguir foram serrados nas regiões 1, 2 e 3, obtendo-se assim duas partes de cada um.



Em que caso as partes de um mesmo ímã **não** podem se unir magneticamente após o corte, de modo a mantê-lo com a aparência que tinha antes do corte?

Resolução:



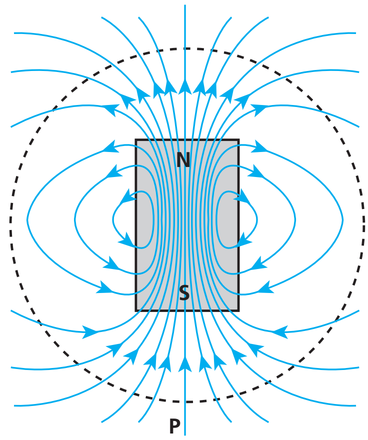
As partes podem se unir magneticamente, porque elas se atraem.

As partes podem se unir magneticamente, porque elas se atraem.

As partes não podem se unir magneticamente, porque elas se repelem.

Resposta: C

10 (Fuvest-SP) Sobre uma mesa plana e horizontal, é colocado um ímã em forma de barra, representado na figura, visto de cima, juntamente com algumas linhas de seu campo magnético. Uma pequena bússola é deslocada, lentamente, sobre a mesa, a partir do ponto **P**, realizando uma volta circular completa em torno no ímã.



Nessas condições, desconsidere o campo magnético da Terra.

Ao final desse movimento, a agulha da bússola terá completado, em torno de seu próprio eixo, um número de voltas igual a:

a) $\frac{1}{4}$ de volta.

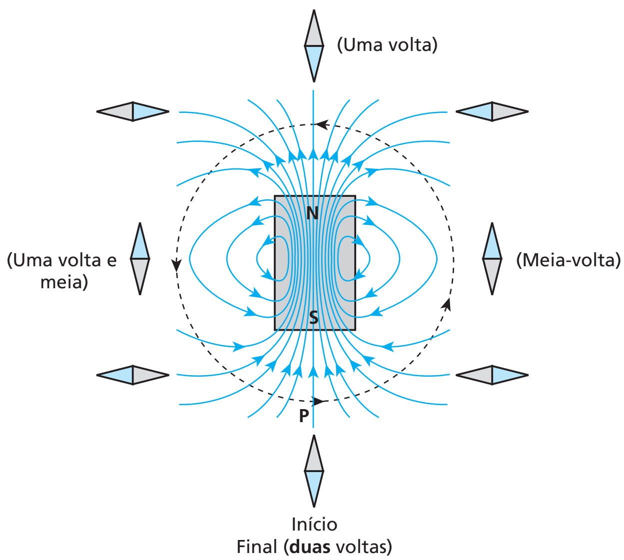
b) $\frac{1}{2}$ de volta.

c) 1 volta completa.

d) 2 voltas completas.

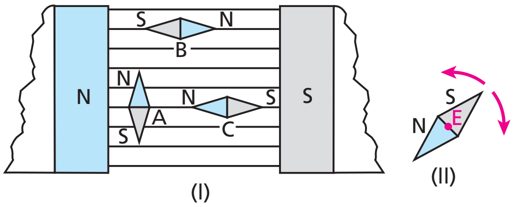
e) 4 voltas completas.

Resolução:



Resposta: d

11 Na figura **I**, temos um campo magnético uniforme entre os polos de um ímã em forma de **U**. Uma agulha magnética é colocada inicialmente na situação **A**, depois, na situação **B** e, finalmente, na situação **C**. Essa agulha pode girar livremente em torno do eixo fixo **E**, indicado na figura **II**.



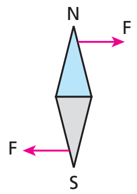
São feitas as seguintes afirmações:

I. As linhas de indução do campo magnético citado são orientadas da esquerda para a direita.
II. A agulha está em equilíbrio estável na situação **A**.
III. A agulha está em equilíbrio estável na situação **B**.
IV. A agulha está em equilíbrio instável na situação **C**.

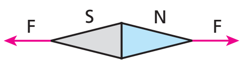
Quais são as afirmações corretas?

Resolução:

I. Correta, porque, externamente a um ímã, as linhas de indução orientam-se do polo norte magnético para o polo sul magnético
II. Incorreta, porque, na situação **A**, a agulha não está em equilíbrio:

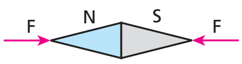


III. Correta:



Se girarmos ligeiramente a agulha e a soltarmos, sua tendência será voltar à posição de equilíbrio.

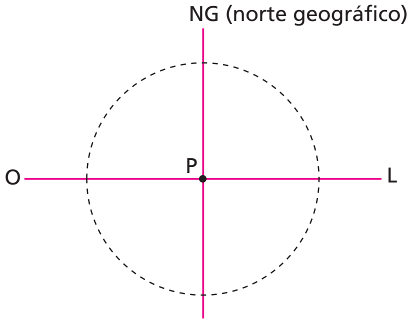
IV. Correta:



Se girarmos ligeiramente a agulha e a soltarmos, sua tendência será afastar-se ainda mais da posição de equilíbrio em que estava, buscando a posição de equilíbrio estável (situação **B**).

Resposta: I,III e IV

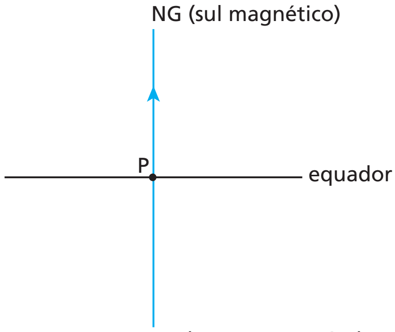
12 E.R. Suponha coincidentes os polos geográficos e os polos magnéticos da Terra e considere um ponto **P** no equador do planeta.



a) Desenhe o vetor indução magnética $\vec{B}_t$ criado pela Terra, no ponto **P**.
b) Se um ímã criar em **P** um campo magnético $\vec{B}_i$, orientado de oeste para leste e com a mesma intensidade de $\vec{B}_t$, como se estabilizará a agulha de uma bússola posicionada na região circular tracejada?

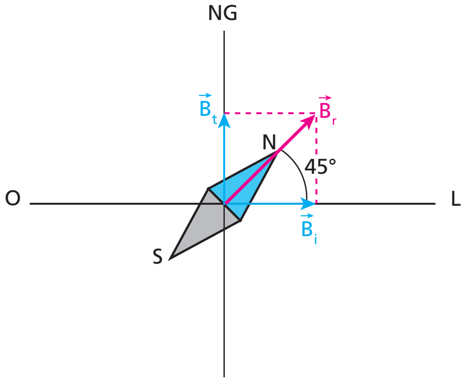
Resolução:

a) Lembrando que no polo sul geográfico existe um polo norte magnético e que no polo norte geográfico existe um polo sul magnético, uma linha de indução do campo magnético terrestre cruza o equador com o seguinte sentido:

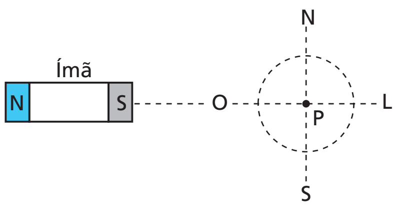


Então, o vetor $\vec{B}_t$, no ponto **P**, pode ser representado por:

b) A agulha se estabilizará na direção do campo magnético resultante $\vec{B}_r$ ($\vec{B}_r = \vec{B}_t + \vec{B}_i$), com seu polo norte apontando no sentido de $\vec{B}_r$:

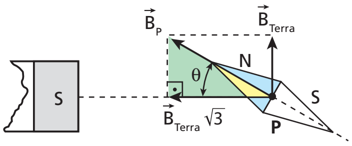


13 A figura mostra os pontos cardeais (**N**, **S**, **L** e **O**), um ímã em forma de barra reta e um ponto **P** nas proximidades do equador terrestre:



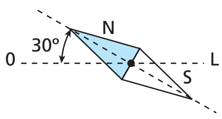
Sabendo que a intensidade do vetor indução magnética criado pelo ímã no ponto **P** é $\sqrt{3}$ vezes a do vetor indução criado pela Terra nesse ponto, determine a posição de equilíbrio estável da agulha de uma bússola colocada na região circular tracejada. Suponha coincidentes as direções norte-sul geográfica e magnética.

Resolução:



$$tg\theta = \frac{B_{Terra}}{B_{Terra}\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \theta = 30°$$

Resposta:



14 (UFRN) O estudioso Robert Norman publicou em Londres, em 1581, um livro em que discutia experimentos mostrando que a força que o campo magnético terrestre exerce sobre uma agulha imantada não é horizontal. Essa força tende a alinhar tal agulha às linhas desse campo. Devido a essa propriedade, pode-se construir uma bússola que, além de indicar a direção norte-sul, também indica a inclinação da linha do campo magnético terrestre no local onde a bússola se encontra. Isso é feito, por exemplo, inserindo-se uma agulha imantada em um material, de modo que o conjunto tenha a mesma densidade que a água e fique em equilíbrio dentro de um copo cheio de água, como esquematizado na figura 1.

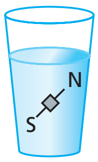


Figura 1

Figura 2

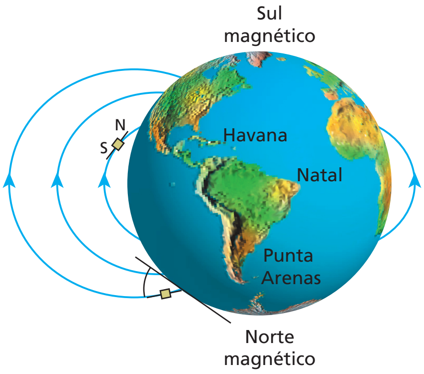
A figura 2 representa a Terra e algumas das linhas do campo magnético terrestre. Foram realizadas observações com a referida bússola em três cidades (I, II e III), indicando que o polo norte da agulha formava, **aproximadamente**:

- para a cidade I, um ângulo de 20° em relação à horizontal e apontava para baixo;
- para a cidade II, um ângulo de 75° em relação à horizontal e apontava para cima;
- para a cidade III, um ângulo de 0° e permanecia na horizontal.

A partir dessas informações, pode-se concluir que tais observações foram realizadas, **respectivamente**, nas cidades de:

a) Punta Arenas (sul do Chile), Natal (nordeste do Brasil) e Havana (noroeste de Cuba).
b) Punta Arenas (sul do Chile), Havana (noroeste de Cuba) e Natal (nordeste do Brasil).
c) Havana (noroeste de Cuba), Natal (nordeste do Brasil) e Punta Arenas (sul do Chile).
d) Havana (noroeste de Cuba), Punta Arenas (sul do Chile) e Natal (nordeste do Brasil).

Resolução:



Resposta: d

15 **E.R.** Julgue falsa ou verdadeira cada uma das seguintes afirmações:

I. Um portador de carga elétrica imerso em um **campo magnético** sempre fica submetido a uma força, devido a esse campo.
II. Um portador de carga elétrica imerso em um **campo elétrico** sempre fica submetido a uma força, devido a esse campo.
III. A força magnética atuante em um portador de carga elétrica não modifica o módulo de sua velocidade, porque a força e a velocidade são perpendiculares. Assim, essa força não realiza trabalho.

Resolução:

I. **Falsa**, porque a força magnética só existirá se o portador estiver **em movimento** e, além disso, se a direção do movimento for diferente da direção do campo.
II. **Verdadeira**, porque a força elétrica ($\vec{F}_e = q\,\vec{E}$) independe da velocidade do portador.
III. **Verdadeira**, porque, sendo perpendicular à velocidade, a força magnética só pode alterar a **direção** da velocidade do portador. Note, então, que essa força não realiza trabalho.

16 Considere as seguintes situações:

I. Um elétron move-se em um campo magnético.
II. Um próton está nas proximidades de um ímã, com velocidade nula em relação ao ímã.
III. Um nêutron está em movimento em um campo magnético.

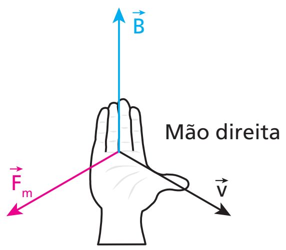
Em qual (ou quais) delas a partícula citada **poderá** submeter-se a uma força magnética?

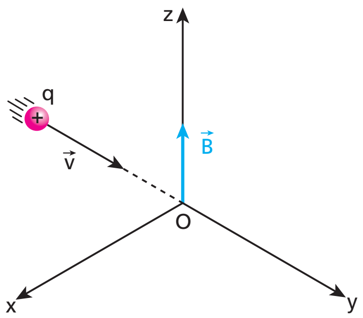
Resposta: Apenas na situação I

17 A imagem produzida na tela de um televisor é devida à luminescência causada por elétrons que a bombardeiam. Quando um ímã é colocado perto da imagem, esta se deforma. Explique por quê. (Não se deve experimentar isso na tela de um televisor em cores, porque ela ficará ligeiramente magnetizada. Por tratar-se de um sistema de alta precisão, as imagens ficarão "borradas".)

Resposta: O campo magnético do ímã altera a direção do movimento dos elétrons, que passam a bombardear a tela em outras posições.

18 E.R. Na figura, temos um sistema cartesiano triortogonal Oxyz. Na região existe um campo magnético uniforme $\vec{B}$, de intensidade B = 0,25 T. Uma partícula eletrizada com carga $q = 4{,}0 \cdot 10^{-9}$ C é lançada perpendicularmente ao campo, com velocidade $\vec{v}$, de módulo $5{,}0 \cdot 10^{6}$ m/s, como representado na figura.





Caracterize a força magnética $\vec{F}_m$ atuante na partícula, ao ser lançada.

Resolução:

- A força magnética é perpendicular a $\vec{B}$ e a $\vec{v}$. Então, ela tem a **direção do eixo Ox**.
- Seu sentido é dado pela regra da mão direita espalmada (veja a figura). Então, a força $\vec{F}_m$ tem o **sentido do eixo Ox**.
  Convém lembrar que, se a carga **q** fosse negativa, a força magnética teria a direção do eixo Ox, porém sentido oposto ao desse eixo.
- A intensidade de $\vec{F}_m$ é dada por:

$$F_m = |q|\, v\, B \operatorname{sen} \theta$$

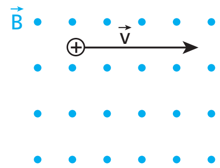
em que **θ** é o menor ângulo entre $\vec{v}$ e $\vec{B}$, no caso, 90°.
Substituindo, nessa expressão, os valores fornecidos e lembrando que sen 90° = 1, obtemos:

$$F_m = (4{,}0 \cdot 10^{-9}) \cdot (5{,}0 \cdot 10^{6}) \cdot (0{,}25) \cdot (1)$$

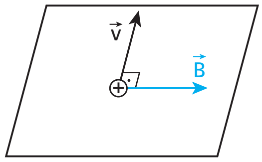
$$\boxed{F_m = 5{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{N}}$$

19 Nas situações esquematizadas nas figuras, uma partícula eletrizada penetra, com velocidade $\vec{v}$, perpendicularmente a um campo de indução magnética $\vec{B}$. O sinal da carga elétrica está indicado na própria partícula. Determine, em cada caso, a orientação do vetor representativo da força magnética atuante:

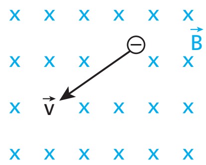
a)



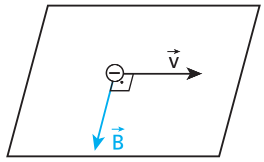
c)



b)

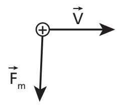


d)

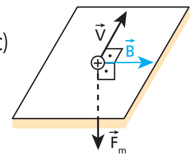


Respostas:

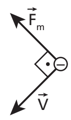
a)



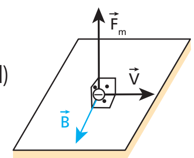
c)



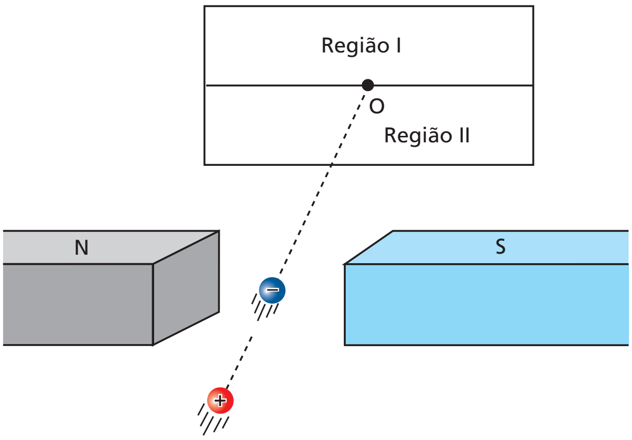
b)



d)



20 Na figura a seguir, um elétron e um próton são atirados perpendicularmente a uma placa retangular, disposta verticalmente e dividida em duas regiões. Antes de atingir a placa, porém, as duas partículas passam entre os polos de um ímã:

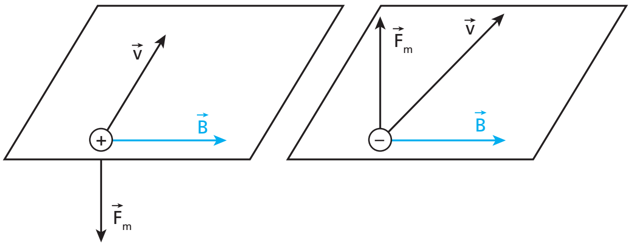


Na ausência do campo magnético do ímã, as partículas atingiram o centro **O** da placa. Na presença do ímã, determine a região (I ou II) atingida:

a) pelo elétron;

b) pelo próton.

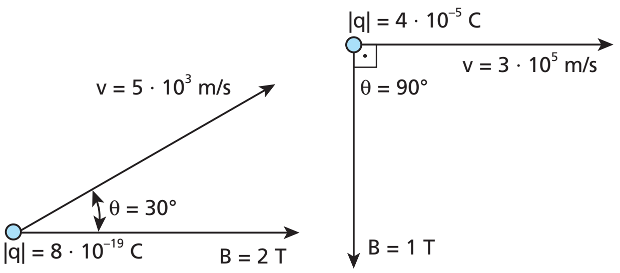
Resolução:
Na região entre os polos, o vetor indução magnética está orientado do polo norte para o polo sul. Portanto:



Respostas: a) Região I; b) Região II

21 Calcule o módulo da força magnética atuante na partícula em cada caso:

a) b)



Resolução:

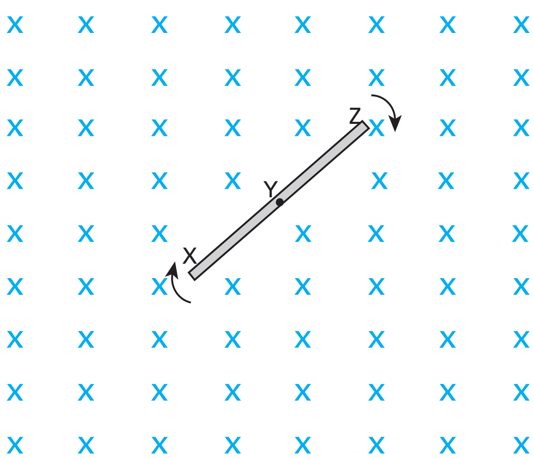
a) $F_m = |q|\, v\, B \operatorname{sen} \theta = (8 \cdot 10^{-19}) \cdot (5 \cdot 10^3) \cdot (2) \cdot \left(\frac{1}{2}\right) \Rightarrow \boxed{F_m = 4 \cdot 10^{-15}\ \text{N}}$

b) $F_m = (4 \cdot 10^{-5}) \cdot (3 \cdot 10^5) \cdot (1) \cdot (1) \Rightarrow \boxed{F_m = 12\ \text{N}}$

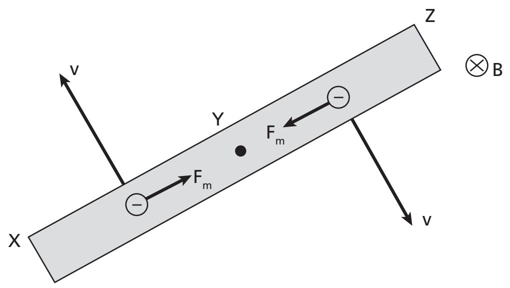
Respostas: a) $4 \cdot 10^{-15}$ N; b) 12 N

22 A figura abaixo mostra um bastão de cobre XYZ inteiramente mergulhado em um campo magnético uniforme. O bastão, sempre mantido perpendicularmente ao campo, rota em torno do ponto **Y**, com velocidade angular constante, no sentido indicado.

Quais são os sinais das cargas elétricas adquiridas pelas regiões **X**, **Y** e **Z** do bastão, respectivamente?



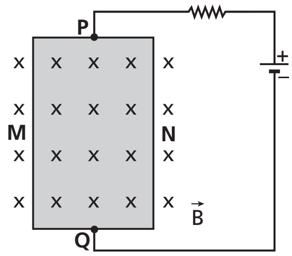
Resolução:



Observemos que haverá acúmulo de elétrons livres na região central do bastão e consequente falta deles nas extremidades.

Resposta: Positivo, negativo e positivo

23 (UFMG) Observe a figura.



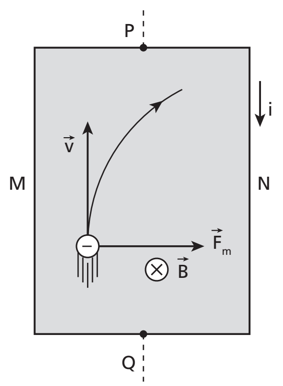
Uma placa metálica é ligada, nos pontos **P** e **Q**, aos polos de uma bateria.

Aplicando-se à placa um campo magnético uniforme $\vec{B}$, verifica-se que uma diferença de potencial V_{MN} aparece entre as laterais **M** e **N** da placa.

O aparecimento dessa diferença de potencial deve-se ao fato de que os elétrons livres da placa, ao estabelecer-se nela a corrente elétrica, movem-se:

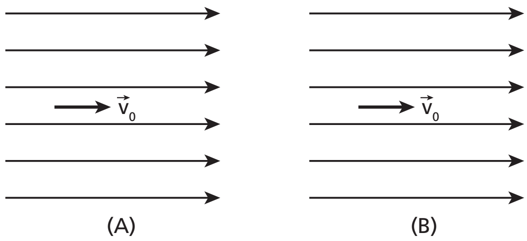
a) de **Q** para **P** e são deslocados pelo campo magnético para a lateral **N**.
b) de **Q** para **P** e são deslocados pelo campo magnético para a lateral **M**.
c) de **P** para **Q** e são deslocados pelo campo magnético para a lateral **N**.
d) de **P** para **Q** e são deslocados pelo campo magnético para a lateral **M**.
e) de **Q** para **P** e são deslocados pelo campo magnético no sentido contrário ao vetor $\vec{B}$.

Resolução:

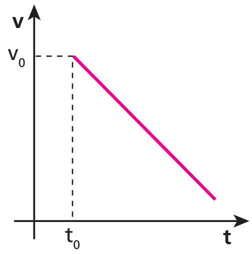


Resposta: a

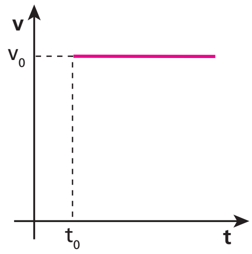
24 (UFRJ) As figuras a seguir representam as linhas de força de dois campos uniformes, **A** e **B**, um elétrico e outro magnético (não necessariamente nesta ordem). Duas partículas idênticas, carregadas com a mesma carga **q**, encontram-se, num dado instante t_0, na região dos campos, ambas com velocidade $\vec{v}_0$, de mesma direção e de mesmo sentido que as linhas de força.



Os gráficos a seguir representam como as velocidades dessas partículas variam em função do tempo.



No campo (A)



No campo (B)

Identifique o campo elétrico e o campo magnético, justificando sua resposta, e determine o sinal da carga.

Resolução:
Supondo que as partículas se submetem exclusivamente aos campos citados, temos:
A: campo elétrico

Como a partícula está em movimento retardado, submete-se a uma força elétrica $\vec{F}_e$ oposta à sua velocidade e, portanto, oposta ao vetor $\vec{E}$. Assim, **q** é negativa.

B: campo magnético

$\theta = 0° \Rightarrow \vec{F}_m = \vec{O} \Rightarrow$ velocidade constante

Resposta: O campo **B** é magnético, o campo **A** é elétrico e a carga é negativa.

25 Uma partícula eletrizada é lançada com velocidade $\vec{v}$, que forma um ângulo **θ** com o vetor indução magnética $\vec{B}$. Sendo de 2,0 μC a carga da partícula, $v = 5{,}0 \cdot 10^6$ m/s e $B = 3{,}0 \cdot 10^{-1}$ T, represente graficamente a intensidade da força magnética atuante nela, em função de **θ**, para valores de **θ** entre 0° e 180°. Use 0°, 30°, 60°, 90° e 180°.

Resolução:

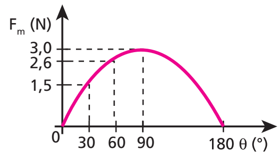
$F_m = |q|\, v\, B \operatorname{sen} \theta$

$F_m = (2{,}0 \cdot 10^{-6}) \cdot (5{,}0 \cdot 10^6) \cdot (3{,}0 \cdot 10^{-1}) \operatorname{sen} \theta$

$F_m = 3{,}0 \operatorname{sen} \theta$ (SI)

- $\theta = 0° \Rightarrow \operatorname{sen} \theta = 0 \Rightarrow F_m = 0$
- $\theta = 30° \Rightarrow \operatorname{sen} \theta = \frac{1}{2} \Rightarrow F_m = 1{,}5$ N
- $\theta = 60° \Rightarrow \operatorname{sen} \theta = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow F_m = 2{,}6$ N
- $\theta = 90° \Rightarrow \operatorname{sen} \theta = 1 \Rightarrow F_m = 3{,}0$ N
- $\theta = 180° \Rightarrow \operatorname{sen} \theta = 0 \Rightarrow F_m = 0$

Resposta:



26 **E.R.** Um elétron é lançado, com velocidade de módulo $3{,}2 \cdot 10^4$ m/s, perpendicularmente às linhas de indução de um campo magnético uniforme e constante, de $9{,}1 \cdot 10^{-6}$ T. Sendo a massa do elétron igual a $9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg e $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C o módulo de sua carga, caracterize a trajetória descrita por ele. Suponha que a força magnética seja a única atuante no elétron.

Resolução:
Quando o elétron é lançado perpendicularmente ao campo, seu movimento é circular e uniforme. A força magnética é a própria resultante centrípeta. Assim:

$$F_{cp} = F_m$$

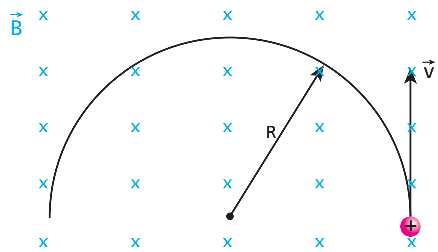
$$\frac{m\,v^2}{R} = |q|\, v\, B \Rightarrow R = \frac{m\,v}{|q|\,B}$$

Como $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg, $v = 3{,}2 \cdot 10^4$ m/s, $|q| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C e $B = 9{,}1 \cdot 10^{-6}$ T, calculemos **R**:

$$R = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 3{,}2 \cdot 10^4}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow R = 2{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$$

O elétron descreve trajetória circular, de raio igual a $2{,}0 \cdot 10^{-2}$ m.

27 Um próton (carga **q** e massa **m**) penetra numa região do espaço onde existe exclusivamente um campo de indução magnética $\vec{B}$, uniforme e constante, conforme a figura. Determine o módulo de $\vec{B}$, para que a carga lançada com velocidade $\vec{v}$, de módulo $1 \cdot 10^6$ m/s, descreva a trajetória circular indicada, de raio R = 2 m.
Dado: $m/q = 1 \cdot 10^{-8}$ kg/C



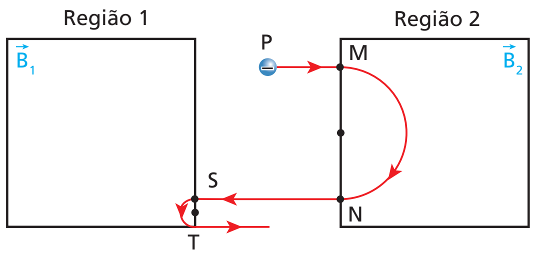
Resolução:

$R = \dfrac{m\,v}{|q|\,B} \Rightarrow B = \dfrac{m\,v}{|q|\,R} = \dfrac{(1 \cdot 10^{-8}) \cdot (1 \cdot 10^{6})}{2}$

$\boxed{B = 5 \cdot 10^{-3}\ \text{T}}$

Resposta: $5 \cdot 10^{-3}$ T

28 Uma partícula com carga negativa é lançada do ponto **P**, passando pelas regiões 2 e 1, onde existem campos magnéticos $\vec{B}_2$ e $\vec{B}_1$, perpendiculares ao papel, uniformes e constantes.



Supondo que as únicas forças atuantes na partícula sejam devidas aos campos $\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$:

a) Quais os sentidos de $\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$: "entrando" ou "saindo" do papel?

b) Qual campo é mais intenso, $\vec{B}_1$ ou $\vec{B}_2$?

c) Dizendo qual é o maior, compare os tempos para a partícula percorrer os arcos MN e ST, Δt_{MN} e Δt_{ST}.

Resolução:

a)

b) $R = \dfrac{m\,v}{|q|\,B}$ (**m**, **v** e $|q|$ constante)

R menor $\Rightarrow$ **B** maior $\Rightarrow$ $\boxed{\vec{B}_1 \text{ é mais intenso}}$

c) Cada Δt mencionado é a metade de um período:

$\Delta t = \dfrac{T}{2} = \dfrac{\dfrac{2\,\pi\,m}{|q|\,B}}{2} \Rightarrow \Delta t = \dfrac{\pi\,m}{|q|\,B}$

Como m e $|q|$ são constantes e B_1 é maior que B_2, temos:

$\boxed{\Delta t_{ST} < \Delta t_{MN}}$

Respostas: a) $\vec{B}_1$: "saindo"; $\vec{B}_2$: "entrando"; b) $\vec{B}_1$; c) $\Delta t_{ST} < \Delta t_{MN}$

29 Considere uma região onde o campo gravitacional tem módulo $g = 10\ \text{m/s}^2$. Um elétron, movendo-se nessa região a $2{,}0 \cdot 10^3$ m/s, penetra num campo magnético uniforme e constante de 2,0 T, perpendicularmente às linhas de indução. Calcule os módulos das forças magnética e gravitacional atuantes no elétron nessa situação. Compare os dois valores.

Dados: massa do elétron $= 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg;
módulo da carga do elétron $= 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.

Resolução:

$F_m = |q|\,v\,B\,\text{sen}\,\theta = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2{,}0 \cdot 10^3 \cdot 2{,}0 \cdot 1$

$\boxed{F_m = 6{,}4 \cdot 10^{-16}\ \text{N}}$

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

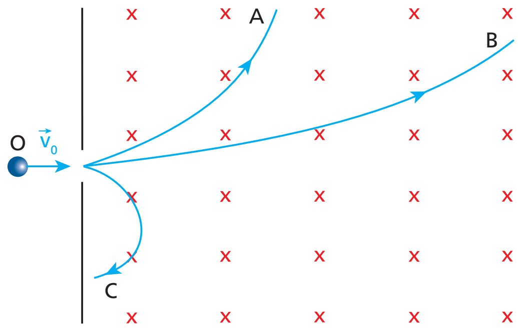
$\boxed{F_g = 9{,}1 \cdot 10^{-30}\ \text{N}}$

Nota:

- É importante o estudante perceber que, nessa situação, a força gravitacional é desprezível em comparação com a magnética.

Resposta: $6{,}4 \cdot 10^{-16}$ N e $9{,}1 \cdot 10^{-30}$ N, respectivamente. A força magnética é $7{,}0 \cdot 10^{13}$ vezes mais intensa que a força gravitacional.

30 A figura mostra as trajetórias seguidas por três partículas (elétron, próton e dêuteron) lançadas de um mesmo ponto **O**, perpendicularmente às linhas de indução de um campo magnético uniforme e constante $\vec{B}$, todas com a mesma velocidade inicial $\vec{v}_0$:



Quais são, respectivamente, as trajetórias descritas pelo próton, pelo dêuteron (partícula constituída por um nêutron e um próton) e pelo elétron?

Resolução:

- Como o **elétron**, dentre as três partículas, é a única com carga negativa, sua trajetória só pode ser a **C**.
- $q_{próton} = q_{dêuteron}$
- $m_{dêuteron} = 2\,m_{próton}$
- $R = \dfrac{m\,v_0}{|q|\,B} \Rightarrow R_{dêuteron} = 2\,R_{próton}$

Portanto, a trajetória **B** é a do **dêuteron** e a **A**, a do **próton**.

Resposta: A, **B** e **C**

31 Um dêuteron – partícula constituída por um nêutron e um próton – descreve trajetória circular de raio igual a 10 cm num campo magnético de indução uniforme e constante, de intensidade igual a 2,0 T. Sendo a massa e a carga elétrica do dêuteron respectivamente iguais a $3{,}4 \cdot 10^{-27}$ kg e $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C e supondo a força magnética como a única atuante, calcule:

a) o módulo de sua velocidade;

b) o intervalo de tempo para o dêuteron percorrer uma semicircunferência.

Use $\pi = 3{,}14$.

Resolução:

a) $\frac{m\,v^2}{R} = |q|\,v\,B \Rightarrow v = \frac{|q|\,B\,R}{m}$

$$v = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2{,}0 \cdot 0{,}10}{3{,}4 \cdot 10^{-27}}$$

$$\boxed{v = 9{,}4 \cdot 10^{6}\ \text{m/s}}$$

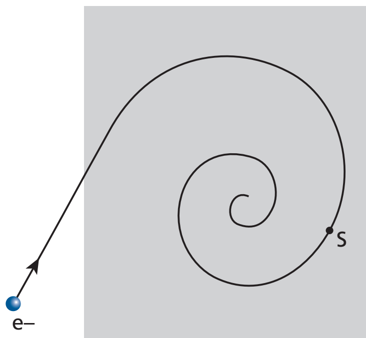
b) $T = \frac{2\pi\,m}{|q|\,B}$

$$\Delta t = \frac{T}{2} = \frac{\pi\,m}{|q|\,B} = \frac{3{,}14 \cdot 3{,}4 \cdot 10^{-27}}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2{,}0}$$

$$\boxed{\Delta t = 3{,}3 \cdot 10^{-8}\ \text{s}}$$

Respostas: a) $9{,}4 \cdot 10^{-6}$ m/s; b) $3{,}3 \cdot 10^{-8}$ s

32 (UFMG) A figura a seguir mostra um elétron que entra em uma região onde duas forças atuam sobre ele: uma deve-se à presença de um campo magnético; a outra resulta de interações do elétron com outras partículas e atua como uma força de atrito.

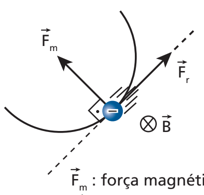


Nessa situação, o elétron descreve a trajetória plana e em espiral representada na figura.
Despreze o peso do elétron.

1. Determine e identifique, nessa figura, as forças que atuam sobre o elétron no ponto **S**.
2. Determine a direção e o sentido do campo magnético existente na região sombreada. Explique seu raciocínio.

Resposta:

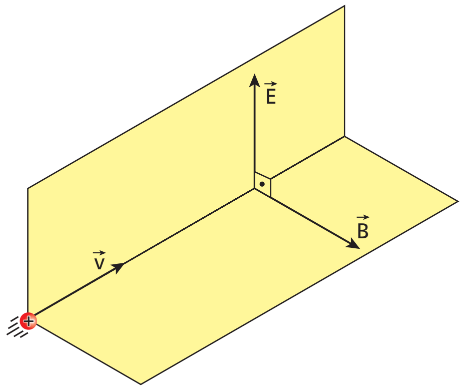
1.



$\vec{F}_m$: força magnética
$\vec{F}_r$: força resistente

2. Perpendicular à região sombreada, "entrando" nela.

33 E.R. A figura a seguir representa uma partícula de carga positiva **q** penetrando em uma região onde existem dois campos uniformes e constantes, perpendiculares entre si: um campo elétrico $\vec{E}$ e um campo de indução magnética $\vec{B}$.



A velocidade $\vec{v}$ é perpendicular aos vetores $\vec{E}$ e $\vec{B}$. Considerando que as forças devidas a $\vec{E}$ e a $\vec{B}$ sejam as únicas atuantes na partícula:

a) Como será o seu movimento, após penetrar nos campos, se a intensidade de $\vec{v}$ for igual a $\frac{E}{B}$? E se a carga da partícula for negativa?

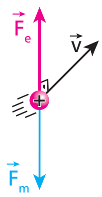
b) Qual a condição para que ela, com carga positiva, desvie para cima?

Resolução:

a) As forças atuantes na partícula são: a força elétrica $\vec{F}_e$, no sentido de $\vec{E}$ porque a carga é positiva, e a força magnética $\vec{F}_m$, cujo sentido é dado pela regra da mão direita espalmada.

Como $\vec{F}_e = q\,\vec{E}$, temos:

$$F_e = |q|\,E$$



A intensidade da força magnética é dada por:

$$F_m = |q|\,v\,B\,\text{sen}\,90° = |q|\,v\,B$$

Fazendo $v = \frac{E}{B}$, obtemos:

$$F_m = |q| \cdot \frac{E}{B} \cdot B = |q|\,E$$

Como $\vec{F}_e$ e $\vec{F}_m$ têm mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos, a força resultante na partícula é nula.

Portanto:

O movimento da partícula será retilíneo e uniforme, com velocidade $\vec{v}$.

Se a carga da partícula fosse negativa, as duas forças que atuam nela sofreriam apenas inversão de sentido. Assim, a força resultante continuaria nula e o movimento também seria retilíneo e uniforme, com velocidade $\vec{v}$.

b) Para a partícula com carga positiva desviar-se para cima, é necessário reduzir a intensidade de $\vec{F}_m$, o que se consegue reduzindo o módulo da velocidade.

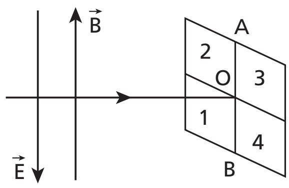
Então, devemos ter:

$$\boxed{v < \frac{E}{B}}$$

Nota:

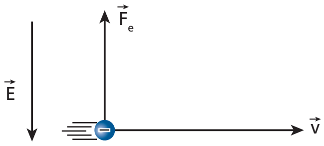
- Para $v > \frac{E}{B}$, $\vec{F}_m$ é mais intensa que $\vec{F}_e$, e a partícula desvia-se para baixo.

34 (UFPR) Um feixe de elétrons incide horizontalmente no centro **O** de um anteparo (ver figura). Criando na região, simultaneamente, um campo magnético vertical, para cima, e um campo elétrico vertical, para baixo, o feixe de elétrons irá se desviar, atingindo o anteparo num ponto de que região?

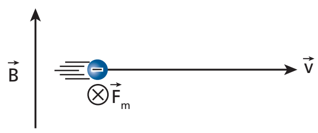


Resolução:

• Devido ao campo elétrico, os elétrons irão se desviar para cima:



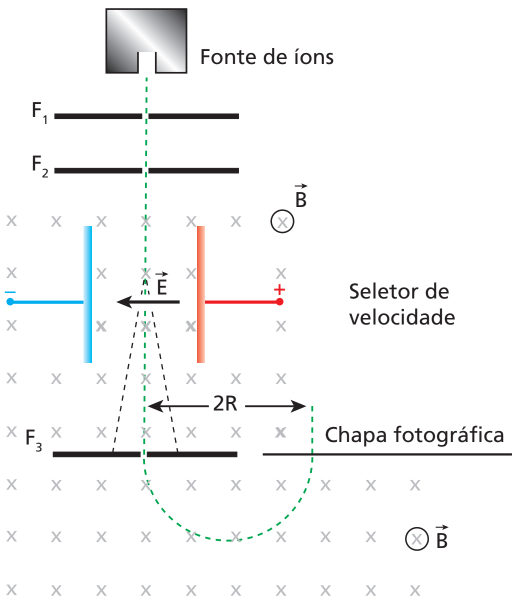
• Devido ao campo magnético, os elétrons irão se desviar "para dentro do papel":



• Portanto ele atingirá a região 2.

Resposta: 2

35 O espectrômetro de massa é um instrumento usado na determinação de massas atômicas e também na separação de isótopos de um mesmo elemento químico. A figura mostra esquematicamente um tipo de espectrômetro. A fonte produz íons que emergem dela com carga **+e** e são acelerados por um campo elétrico não indicado na figura. As fendas F_1 e F_2 servem para colimar o feixe de íons, isto é, para que prossigam apenas íons que se movem em uma determinada direção.



Os íons que passam pela fenda F_2 invadem o seletor de velocidade, que é uma região onde existem um campo elétrico e um campo magnético, ambos uniformes e constantes, perpendiculares entre si e perpendiculares ao feixe de íons. Só prosseguem na mesma trajetória retilínea os íons que têm **determinada** velocidade $\vec{v}$. Os íons que atravessam a fenda F_3 entram em movimento circular e uniforme de raio **R**.

Considerando $E = 4{,}0 \cdot 10^3$ N/C, $B = 2{,}0 \cdot 10^{-1}$ T e $R = 2{,}0 \cdot 10^{-2}$ m e sendo $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, determine a massa do íon.

Resolução:

• No seletor de velocidade:

$$F_e = F_m \Rightarrow e\ E = e\,v\,B \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

• No movimento circular e uniforme:

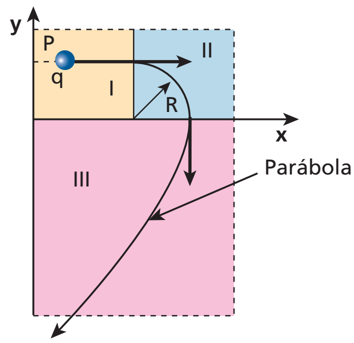
$$R = \frac{m\,v}{e\,B} = \frac{m\,E}{e\,B^2} \Rightarrow m = \frac{e\,B^2\,R}{E}$$

$$m = \frac{(1{,}6 \cdot 10^{-19}) \cdot (2{,}0 \cdot 10^{-1})^2 \cdot (2{,}0 \cdot 10^{-2})}{4{,}0 \cdot 10^3}$$

$$\boxed{m = 3{,}2 \cdot 10^{-26}\ \text{kg}}$$

Resposta: $3{,}2 \cdot 10^{-26}$ kg

36 (Fuvest-SP) Em cada uma das regiões I, II e III da figura a seguir existe ou um campo elétrico constante $\pm E_x$ **na direção x**, ou um campo elétrico constante $\pm E_y$ **na direção y**, ou um campo magnético constante $\pm B_z$ **na direção z** (perpendicular ao plano do papel). Quando uma carga positiva **q** é abandonada no ponto **P** da região I, ela é acelerada uniformemente, mantendo uma trajetória retilínea, até atingir a região II. Ao penetrar na região II, a carga passa a descrever uma trajetória circular de raio **R**, e o módulo da sua velocidade permanece constante. Finalmente, ao penetrar na região III, percorre uma trajetória parabólica até sair dessa região. A tabela abaixo indica algumas configurações possíveis dos campos nas três regiões.



Configuração de campo	A	B	C	D	E
Região I	E_x	E_x	B_z	E_x	E_x
Região II	B_z	E_y	E_y	E_y	B_z
Região III	E_y	B_z	E_x	$-E_x$	$-E_x$

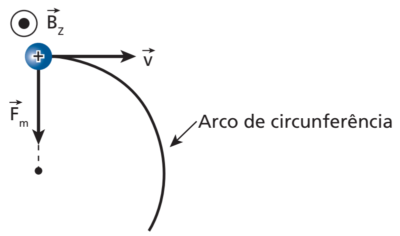
A única configuração dos campos, compatível com a trajetória da carga, é aquela descrita em:

a) A
b) B
c) C
d) D
e) E

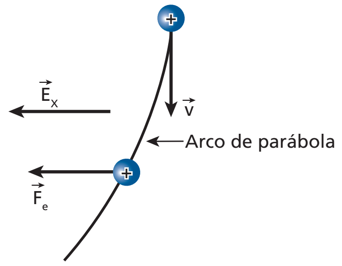
Resolução:

Região I: movimento retilíneo e acelerado na direção e no sentido de **x** $\Rightarrow$ $+E_x$

Região II: MCU $\Rightarrow$ B_z



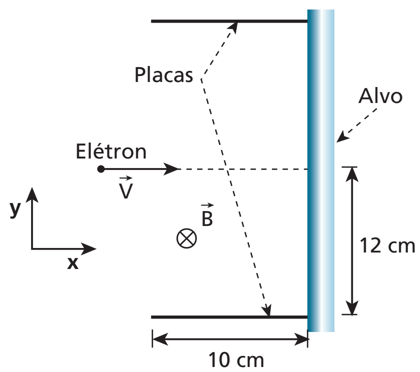
Região III: composição de MU na direção de **y** com MUV na direção de **x** $\Rightarrow$ $-E_x$



Resposta: e

37 (Unicamp-SP) A utilização de campos elétrico e magnético cruzados é importante para viabilizar o uso da técnica híbrida de tomografia de ressonância magnética e de raios X.

A figura abaixo mostra parte de um tubo de raios X, onde um elétron, movendo-se com velocidade $v = 5{,}0 \cdot 10^5$ m/s ao longo da direção **x**, penetra na região entre as placas onde há um campo magnético uniforme, $\vec{B}$, dirigindo perpendicularmente para dentro do plano do papel. A massa do elétron é $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg e a sua carga elétrica é $q = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C. O módulo da força magnética que age sobre o elétron é dado por $F = q\ v\ B\ \text{sen}\ \theta$, onde $\boldsymbol{\theta}$ é o ângulo entre a velocidade e o campo magnético.

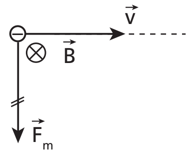


a) Sendo o módulo do campo magnético $\vec{B} = 0{,}010$ T, qual é o módulo do campo elétrico que deve ser aplicado na região entre as placas para que o elétron se mantenha em movimento retilíneo e uniforme?

b) Numa outra situação, na ausência de campo elétrico, qual é o máximo valor de $\vec{B}$ para que o elétron ainda atinja o alvo?
O comprimento das placas é de 10 cm.

Resolução:

a)



$F_e = F_m$

$|q|\ E = |q|\ v\ B \Rightarrow E = v\ B = (5{,}0 \cdot 10^5) \cdot (0{,}010)$

$\boxed{E = 5{,}0 \cdot 10^3 \text{ N/C}}$

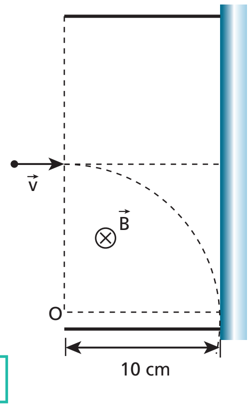
b) Nesse caso, o elétron descreve uma trajetória circular de raio $R_{mín}$, tangenciando o alvo:

$R_{mín} = 10 \text{ cm} = 10 \cdot 10^{-2}$ m

$$R_{mín} = \frac{m\ v}{e\ B_{máx}} \Rightarrow B_{máx} = \frac{m\ v}{|q|\ R_{mín}}$$

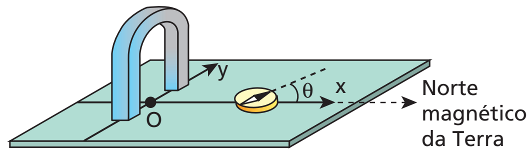
$$B_{máx} = \frac{(9{,}1 \cdot 10^{-31}) \cdot (5{,}0 \cdot 10^5)}{(1{,}6 \cdot 10^{-19}) \cdot (10 \cdot 10^{-2})}$$

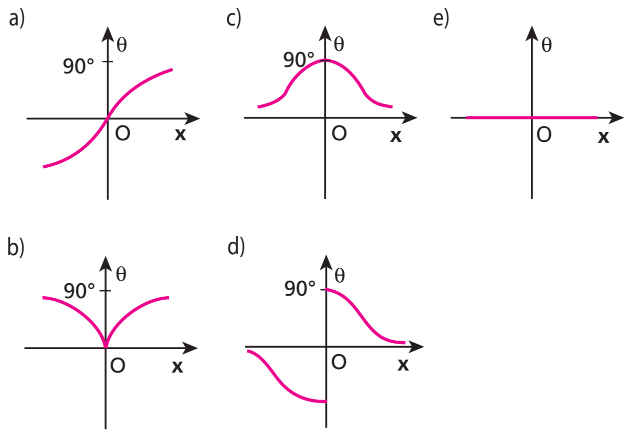
$\boxed{B_{máx} = 2{,}8 \cdot 10^{-5} \text{ T}}$



Respostas: a) $5{,}0 \cdot 10^3$ N/C; b) $2{,}8 \cdot 10^{-5}$ T

38 (Cesgranrio-RJ) Numa superfície horizontal, são traçados dois eixos coordenados ortogonais Ox e Oy, com o eixo Ox apontando para o polo norte magnético da Terra. Coloca-se um ímã em formato de ferradura, apoiado sobre suas extremidades, de modo que estas estejam sobre o eixo Oy e simetricamente dispostas em relação à origem **O** dos eixos. Desloca-se uma pequena bússola ao longo de Ox, sendo $\boldsymbol{\theta}$ o ângulo que a agulha da bússola forma com este eixo. A variação do ângulo $\boldsymbol{\theta}$ ao longo de Ox é mais bem representada na figura:





Resolução:

Em **O**, deve prevalecer o campo magnético do ímã, o que fez $\boldsymbol{\theta}$ ser aproximadamente igual a 90°. Em pontos muito afastados de **O**, o campo do ímã torna-se desprezível, prevalecendo, então, o campo magnético terrestre, o que torna $\boldsymbol{\theta}$ praticamente igual a zero.

Resposta: c

39 (UFPE) Partículas de massa $m = 1,6 \cdot 10^{-26}$ kg e carga $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, após serem aceleradas desde o repouso por uma diferença de potencial de 2 000 V, entram em um campo magnético igual a 0,5 T, perpendicular à direção de seus movimentos. Qual é o raio de suas trajetórias, em **milímetros**?

Resolução:

$$\tau_{F_e} = E_c \Rightarrow q\,U = \frac{m\,v^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2q\,U}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2000}{1,6 \cdot 10^{-26}}} \Rightarrow v = 2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

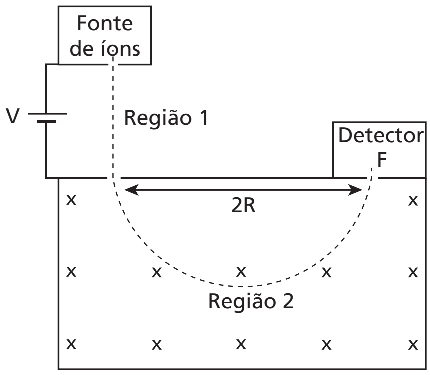
$$R = \frac{m\,v}{|q|\,B} = \frac{1,6 \cdot 10^{-26} \cdot 2 \cdot 10^5}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,5}$$

R = 40 mm

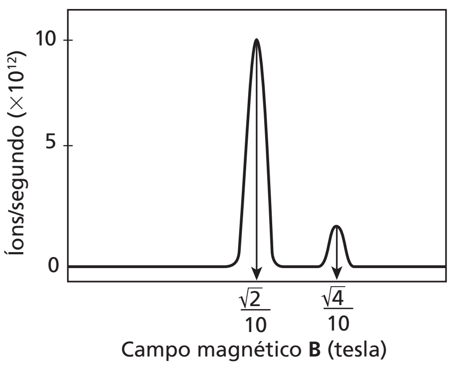
Resposta: 40 mm

40 (Unicamp-SP) Espectrômetros de massa são aparelhos utilizados para determinar a quantidade relativa de isótopos dos elementos químicos. A figura (**a**) a seguir mostra o esquema de um desses espectrômetros. Inicialmente os íons são acelerados na região 1 pela tensão **V**. Na região 2, existe um campo magnético **B** constante, que obriga os íons a seguirem uma trajetória circular. Se a órbita descrita pelo íon tiver raio **R**, eles atingem, a fenda **F** e são detectados. Responda aos itens (**a**) e (**b**) literalmente e ao item (**c**) numericamente.

a) Qual a expressão para a velocidade do íon ao entrar na região 2 em função de sua massa **m**, de sua carga **q** e da tensão **V**?
b) Qual a expressão da massa do íon detectado em função da tensão **V**, da carga **q**, do campo magnético **B** e do raio **R**?
c) Em dado espectrômetro de massa com V = 10 000 V e R = 10 cm, uma amostra de um elemento com carga iônica +e produziu o espectro da figura (**b**) a seguir. Determine as massas correspondentes a cada um dos picos em unidades de massa atômica (**u**) e identifique qual é o elemento químico e quais são os isótopos que aparecem no gráfico. Adote $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C e $1\ u = 1,6 \cdot 10^{-27}$ kg.

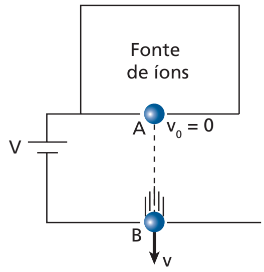


(a)



(b)

Resolução:



a) $E_{P_B} + E_{C_B} + E_{P_A} + E_{C_A}$

$$q\,\nu_B + \frac{m\,v^2}{2} = q\,\nu_A + 0$$

$$v = \sqrt{\frac{2\,q\,(\nu_A - \nu_B)}{m}}$$

Como $\nu_B < \nu_A : q > 0$

Então: $v = \sqrt{\dfrac{2q\,V}{m}}$

b) $R_{cp} = F_m \Rightarrow \dfrac{m\,v^2}{R} = q\,v\,B$

$$m = \frac{q\,B\,R}{v} = q\,B\,R\sqrt{\frac{m}{2q\,V}}$$

$$m^2 = q^2\,B^2\,R^2\,\frac{m}{2q\,V} \Rightarrow \frac{q\,B^2\,R^2}{2V}$$

c) **1º pico:**

$$m_1 = \frac{1,6 \cdot 10^{-19}\ \frac{2}{100}\ (10 \cdot 10^{-2})^2}{2 \cdot 10000}$$

$m_1 = 1,6 \cdot 10^{-27}$ kg

$\therefore m_1 = 1$ **u** (hidrogênio)

2º pico:

$$m_2 = \frac{1,6 \cdot 10^{-19}\ \frac{4}{100}\ (10 \cdot 10^{-2})^2}{2 \cdot 10000}$$

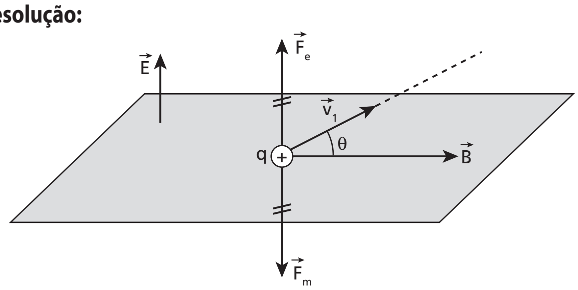
$m_2 = 3,2 \cdot 10^{-27}$ kg

$\therefore m_2 = 2$ **u** (deutério: um isótopo do hidrogênio)

Respostas: a) $\sqrt{\dfrac{2q\,V}{m}}$; b) $\dfrac{q\,B^2\,R^2}{2V}$; c) 1º pico: 1 **u** (hidrogênio), 2º pico: 2 **u** (deutério: um isótopo do hidrogênio)

41 Em uma região existem dois campos uniformes e constantes, sendo um elétrico e outro magnético, perpendiculares entre si. O campo elétrico tem intensidade igual a $2 \cdot 10^5$ V/m e o magnético, 0,1 T. Uma partícula eletrizada atravessa a região sem sofrer desvio. Determine sua velocidade, em função do ângulo **θ** entre a velocidade e o campo magnético.

Resolução:



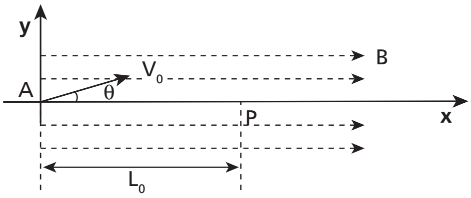
$$F_e = F_m \Rightarrow |q|\,E = |q|\,v\,B\,\text{sen}\,\theta$$

$$v = \frac{E}{B\,\text{sen}\,\theta} \Rightarrow v = \frac{2 \cdot 10^5}{0,1\,\text{sen}\,\theta}$$

$$v = \frac{2 \cdot 10^6}{\text{sen}\,\theta} \text{ m/s}$$

Resposta: $\dfrac{2 \cdot 10^6}{\text{sen}\,\theta}$ m/s

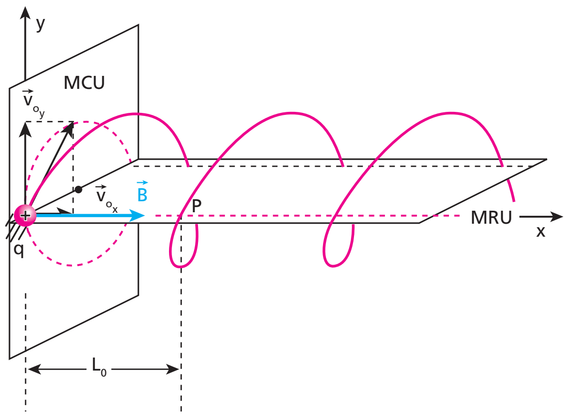
42 (Fuvest-SP) Um próton de massa $M \simeq 1{,}6 \cdot 10^{-27}$ kg, com carga elétrica $Q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, é lançado em **A**, com velocidade V_0, em uma região onde atua um campo magnético uniforme **B**, na direção **x**. A velocidade V_0, que forma um ângulo **θ** com o eixo **x**, tem componentes $V_{0x} = 4{,}0 \cdot 10^6$ m/s e $V_{0y} = 3{,}0 \cdot 10^6$ m/s. O próton descreve um movimento em forma de hélice, voltando a cruzar o eixo **x**, em **P**, com a mesma velocidade inicial, a uma distância $L_0 = 12$ m do ponto **A**. Desconsiderando a ação do campo gravitacional e utilizando $\pi \simeq 3$, determine:



a) o intervalo de tempo Δt, em s, que o próton leva para ir de **A** a **P**;
b) o raio **R**, em m, do cilindro que contém a trajetória em hélice do próton;
c) a intensidade do campo magnético **B**, em tesla, que provoca esse movimento.

> Uma partícula com carga **Q**, que se move em um campo **B**, com velocidade **V**, fica sujeita a uma força de intensidade $F = Q \cdot V_n \cdot B$, normal ao plano formado por **B** e V_n, sendo V_n a componente da velocidade **V** normal a **B**.

Resolução:



$M = 1{,}6 \cdot 10^{-27}$ kg $\qquad v_{0_x} = 4{,}0 \cdot 10^6$ m/s
$Q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C $\qquad v_{0_y} = 3{,}0 \cdot 10^6$ m/s
$L_0 = 12$ m $\qquad \pi = 3$

a) Na direção do eixo **x**, o movimento é uniforme, com velocidade v_{0_x}:

$$v_{0_x} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_{0_x} = \frac{L_0}{\Delta t} \Rightarrow 4{,}0 \cdot 10^6 = \frac{12}{\Delta t}$$

$$\boxed{\Delta t = 3{,}0 \cdot 10^{-6}\ \text{s}}$$

b) **No MCU:**
• $T = 3{,}0 \cdot 10^{-6}$ s (período)

• $v_{0_y} = \omega R = \frac{2\pi}{T} \cdot R$

$$R = \frac{v_{0_y} T}{2\pi} = \frac{3{,}0 \cdot 10^6 \cdot 3{,}0 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 3}$$

$$\boxed{R = 1{,}5\ \text{m}}$$

c) **No MCU:**

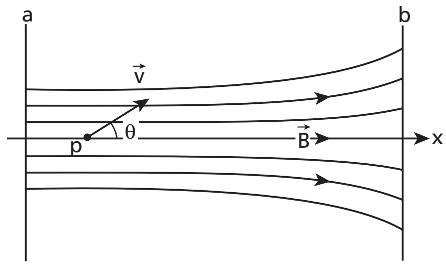
$$R = \frac{M v_{0_y}}{Q B} \Rightarrow B = \frac{M v_{0_y}}{Q R}$$

$$B = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-27} \cdot 3{,}0 \cdot 10^6}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 1{,}5} \Rightarrow \boxed{B = 2{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{T}}$$

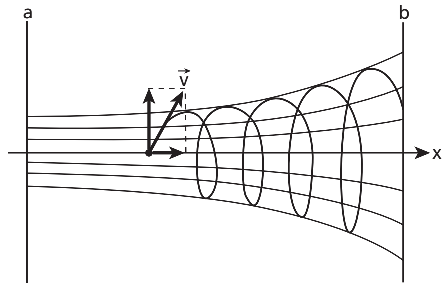
Respostas: a) $3{,}0 \cdot 10^{-6}$ s; b) 1,5 m; c) $2{,}0 \cdot 10^{-2}$ T

43 (ITA-SP) Na região do espaço entre os planos **a** e **b**, perpendiculares ao plano do papel, existe um campo de indução magnética, simétrico ao eixo **x**, cuja magnitude diminui com o aumento de **x**, como mostrado na figura a seguir. Uma partícula de carga **q** é lançada a partir do ponto **p** no eixo **x**, com uma velocidade formando um ângulo **θ** com o sentido positivo desse eixo. Desprezando o efeito da gravidade, pode-se afirmar que, inicialmente:

a) a partícula seguirá uma trajetória retilínea, pois o eixo **x** coincide com uma linha de indução magnética.
b) a partícula seguirá uma trajetória helicoidal com raio constante.
c) se $\theta < 90°$, a partícula seguirá uma trajetória helicoidal com raio crescente.
d) a energia cinética da partícula aumentará ao longo da trajetória.
e) nenhuma das alternativas acima é correta.

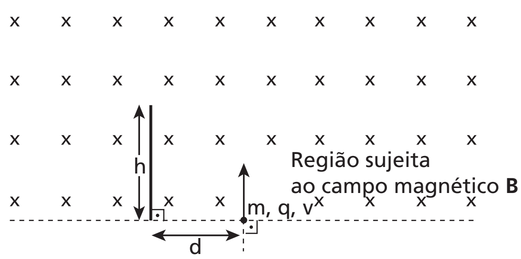


Resolução:
Se o campo magnético fosse uniforme e constante, a partícula descreveria uma hélice cilíndrica com seção transversal de raio $R = \frac{m\, v_\perp}{|q|\, B}$. Entretanto, como **B** diminui, esse raio aumenta e a partícula descreve aproximadamente a trajetória representada a seguir, que é uma hélice não-cilíndrica:



Resposta: c

44 (IME-RJ) Uma partícula de massa **m** e carga **q** viaja a uma velocidade **v** até atingir perpendicularmente uma região sujeita a um campo magnético uniforme **B**.



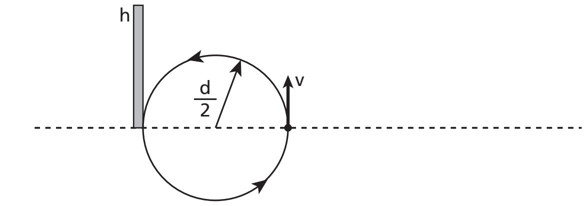
Desprezando o efeito gravitacional e levando em conta apenas a força magnética, determine a faixa de valores de **B** para que a partícula se choque com o anteparo de comprimento **h** localizado a uma distância **d** do ponto onde a partícula começou a sofrer o efeito do campo magnético.

Resolução:

$F_{cp} = F_m \Rightarrow \dfrac{m\,v^2}{r} = q\,v\,B\,1$, em que $q > 0$

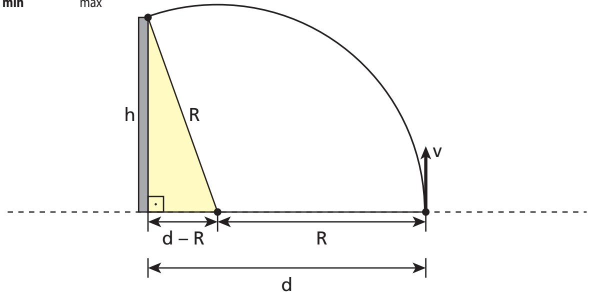
$B = \dfrac{m\,v}{q\,r}$

- $\mathbf{B_{máx}} \Rightarrow r_{mín} = \dfrac{d}{2}$



$B_{máx} \Rightarrow \dfrac{m\,v}{q\dfrac{d}{2}} = \dfrac{2m\,v}{q\,d}$

- $\mathbf{B_{mín}} \Rightarrow r_{máx} = R$



$R^2 = h^2 + (d - R)^2 \Rightarrow R^2 = h^2 + d^2 - 2d\,R + R^2$

$R = \dfrac{h^2 + d^2}{2d}$

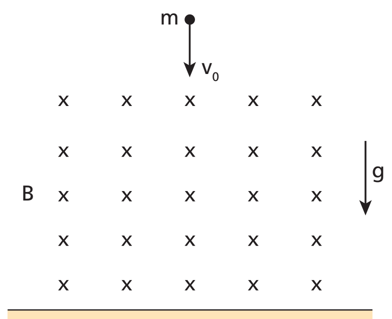
$B_{mín} = \dfrac{m\,v}{q\left(\dfrac{h^2 + d^2}{2d}\right)} = \dfrac{2\,m\,v\,d}{q\,(h^2 + d^2)}$

Então:

$\dfrac{2\,m\,v\,d}{q\,(h^2 + d^2)} \leqslant B \leqslant \dfrac{2\,m\,v}{q\,d}$

Resposta: $\dfrac{2\,m\,v\,d}{q\,(h^2 + d^2)} \leqslant B \leqslant \dfrac{2\,m\,v}{q\,d}$

45 (Fuvest-SP) Uma partícula, de massa **m** e com carga elétrica **Q**, cai verticalmente com velocidade constante v_0. Nessas condições, a força de resistência do ar pode ser considerada $R_{ar} = k\,v$, sendo **k** uma constante e **v** a velocidade. A partícula penetra, então, em uma região onde atua um campo magnético uniforme e constante $\vec{B}$, perpendicular ao plano do papel e, nele entrando, conforme a figura a seguir. A velocidade da partícula é, então, alterada, adquirindo, após certo intervalo de tempo, um novo valor $\mathbf{v_L}$, constante.



(Lembre-se de que a intensidade da força magnética é $|F_M| = |q|\,|v|\,|B|$, em unidades SI, para $\vec{v}$ perpendicular a $\vec{B}$.)

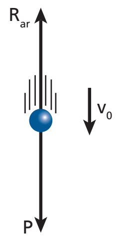
a) Expresse o valor da constante **k** em função de **m**, **g** e v_0.

b) Esquematize os vetores das forças (Peso, R_{ar} e F_M) que agem sobre a partícula, em presença do campo **B**, na situação em que a velocidade passa a ser a velocidade v_L. Represente, por uma linha tracejada, a direção e o sentido de v_L.

c) Expresse o valor da velocidade v_L da partícula, na região onde atua o campo **B**, em função de **m**, **g**, **k**, **B** e **Q**.

Resolução:

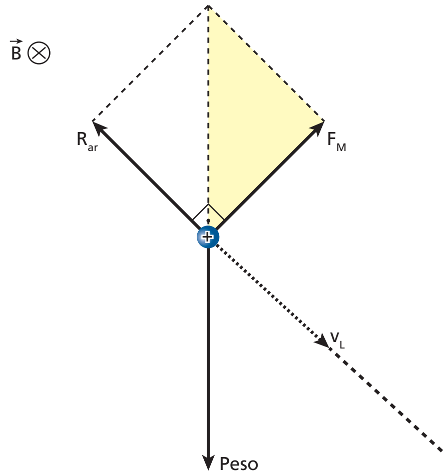
a) Antes de a partícula penetrar no campo magnético, temos:



$R_{ar} = P \Rightarrow k\,v_0 = m\,g$

$K = \dfrac{mg}{v_0}$

b) A nova velocidade constante é atingida quando R_{ar} e F_M equilibram o peso, ou seja, quando a resultante de todas as forças se anula:



c) No triângulo retângulo destacado na figura acima, temos:

$Peso^2 = F_M^2 + R_{ar}^2$

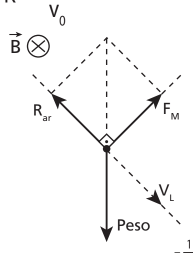
$m^2\,g^2 = Q^2\,v_L^2\,B^2 + k^2\,v_L^2$

$v_L^2 = \dfrac{m^2\,g^2}{Q^2\,B^2 + k^2}$

$v_L = m\,g\,(Q^2\,B^2 + k^2)^{-\frac{1}{2}}$

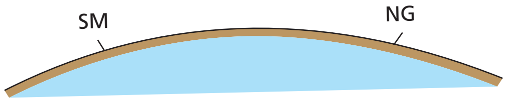
Respostas: a) $K = \dfrac{mg}{v_0}$

b)



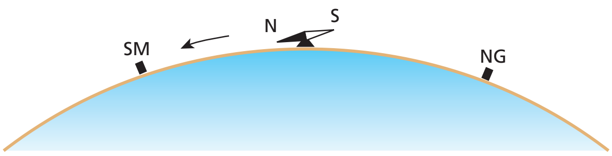
c) $v_L = m\,g\,(Q^2\,B^2 + k^2)^{-\frac{1}{2}}$

46 Uma pessoa encontra-se na superfície da Terra, mas desconhece sua posição. Suponhamos que ela esteja a meia distância entre o polo norte geográfico (NG) e o polo sul magnético (SM) e resolva caminhar para o polo norte geográfico, confiando na indicação de sua bússola, como está habituada a fazer.



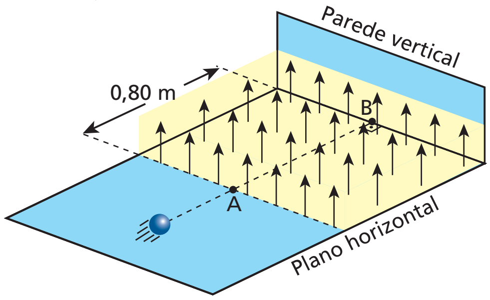
Ela se deslocará no sentido correto?

Resposta:



Não.
A pessoa vai caminhar para o sul magnético, afastando-se, portanto, do norte geográfico.

47 Uma bolinha de massa $m = 2{,}0 \cdot 10^{-3}$ kg, eletrizada com carga $q = 8{,}0 \cdot 10^{-6}$ C, move-se em linha reta em um plano horizontal, com velocidade constante de $2{,}0 \cdot 10^{-2}$ m/s.

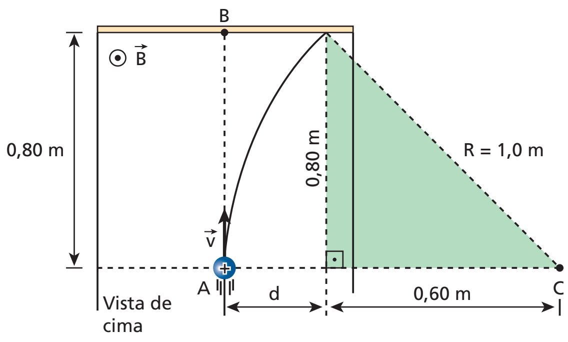


Ao passar pelo ponto **A**, a bolinha penetra numa região onde existe um campo magnético uniforme e vertical, de intensidade 5,0 T (extremamente maior que o campo magnético terrestre), que se estende até a parede vertical. Desprezando o atrito e as influências do ar, a que distância do ponto **B** a bolinha colidirá com a parede vertical?

Resolução:

$$R = \frac{m\,v}{|q|\,B} = \frac{(2{,}0 \cdot 10^{-3}) \cdot (2{,}0 \cdot 10^{-2})}{(8{,}0 \cdot 10^{-6}) \cdot (5{,}0)}$$

$R = 1{,}0$ m

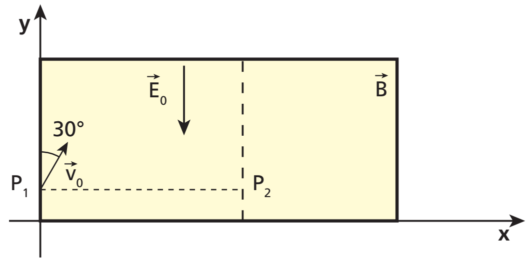


$d = R - 0{,}60 = 1{,}0 - 0{,}60 \Rightarrow d = 0{,}40$ m

Resposta: 0,40 m

48 (IME-RJ) O movimento, num plano horizontal, de um pequeno corpo de massa **m** e carga positiva **q**, divide-se em duas etapas:

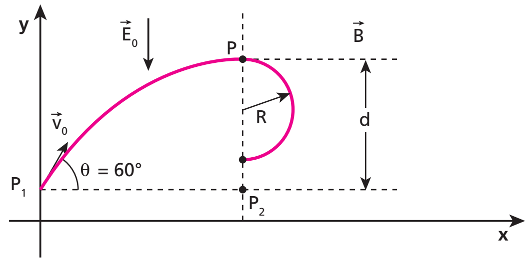
1) no ponto P_1, o corpo penetra numa região onde existe um campo elétrico constante de módulo E_0, representado na figura;
2) o corpo sai da primeira região e penetra numa segunda região, onde existe um campo magnético constante, tendo a direção perpendicular ao plano do movimento e o sentido indicado na figura.



Na primeira região, ele entra com um ângulo de 30° em relação à direção do campo elétrico, conforme está apresentado na figura. Na segunda região, ele descreve uma trajetória que é um semicírculo.
Supondo que o módulo da velocidade inicial na primeira região seja v_0, determine, em função dos dados:

a) a diferença de potencial entre os pontos em que o corpo penetra e sai da região com campo elétrico;
b) o módulo do campo magnético para que o corpo retorne à primeira região em um ponto P_2 com a mesma ordenada que o ponto P_1.

Resolução:
Na região do campo elétrico, o movimento é uniforme na direção **x**, uniformemente variado na direção **y** e a trajetória do corpo é um arco de parábola. Esse arco está em **concordância geométrica** com uma semicircunferência de raio **R**, que é a trajetória do corpo na região do campo magnético. Para essa concordância ser possível, o vértice do arco de parábola, em que v_y é nula, precisa estar na fronteira entre as duas regiões (ponto **P**):



a) Na região do campo elétrico, temos:

• $v_y = 0$ para $\Delta y = d$.

$$v_y^2 = v_{0_y}^2 + 2a_y \Delta_y \Rightarrow 0 = v_{0_y}^2 + 2a_y d \Rightarrow d = -\frac{v_{0y}^2}{2a_y} \quad \text{(I)}$$

• $v_{0_y} = v_0 \text{ sen } 60° = v_0 \dfrac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow v_{0_y}^2 = \dfrac{3v_{0x}^2}{4}$

$$a_y = -\frac{F_e}{m} = -\frac{q\,E_0}{m}$$

Em (I):

$$d = \frac{\dfrac{3v_{0y}^2}{4}}{2\,\dfrac{q\,E_0}{m}} \Rightarrow d = \frac{3\,m\,v_0^2}{8\,q\,E_0}$$

• $U = E_0\,d = \dfrac{3\,m\,v_0^2}{8\,q} \Rightarrow \boxed{\nu_{P_1} - \nu_P = -\dfrac{3\,m\,v_0^2}{8\,q}}$ $(\nu_{P_1} < \nu_P)$

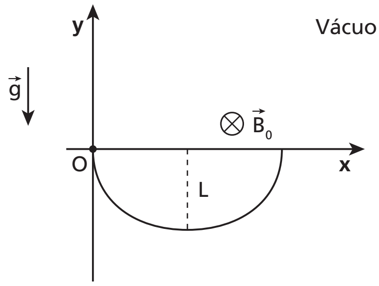
b) Nessa situação, temos: d = 2R.

• $R = \dfrac{m\,v_{0_x}}{q\,B} = \dfrac{m\,v_0 \cos 60°}{q\,B} = \dfrac{m\,v_0}{2\,q\,B}$

• $d = 2R \Rightarrow \dfrac{3\,m\,v_0^2}{8\,q\,E_0} = \dfrac{2\,m\,v_0}{2\,q\,B} \Rightarrow \boxed{B = \dfrac{8\,E_0}{3\,v_0}}$

Respostas: a) $\dfrac{-3\,m\,v_0^2}{8\,q}$; b) $\dfrac{8\,E_0}{3\,v_0}$

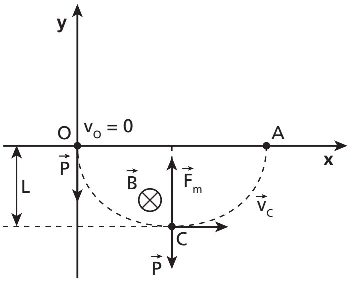
49 (ITA-SP) Uma partícula de massa **m** carregada com carga $q > 0$ encontra-se inicialmente em repouso imersa num campo gravitacional $\vec{g}$ e num campo magnético $\vec{B}_0$ com sentido negativo em relação ao eixo Oz, conforme indicado na figura. Sabemos que a velocidade e a aceleração da partícula na direção Oy são funções harmônicas simples. Disso resulta uma trajetória cicloidal num plano perpendicular a $\vec{B}_0$. Determine o deslocamento máximo (**L**) da partícula.



Resolução:

• A partícula se move entre os pontos **O** e **A**, realizando um movimento de vaivém, submetida exclusivamente à força peso e à força magnética.

• A projeção desse movimento na direção **y** é um **movimento harmônico simples** entre y = 0 e y = –L.



Assim, v_y é nula nos pontos **O**, **C** e **A**. Além disso, a força resultante tem a mesma intensidade em **C** e em **O** (pontos extremos do MHS):

$F_m - P = P \Rightarrow F_m = 2\,P = 2\,m\,g$ (I)

Aplicando o Teorema da Energia Cinética entre **O** e **C**, temos:

$$\tau_P + \tau_{F_m} = \frac{m\,v_c^2}{2} - \frac{m\,v_0^2}{2} \Rightarrow m\,g\,L + 0 = \frac{m\,v_c^2}{2} - 0$$

$$m\,g\,L = \frac{m\,v_c^2}{2} \Rightarrow L = \frac{v_c^2}{2\,g} \qquad \text{(II)}$$

De (I):

$$q\,v_c\,B_0 = 2\,m\,g \Rightarrow v_c = \frac{2\,m\,g}{q\,B_0} \qquad \text{(III)}$$

(III) em (II):

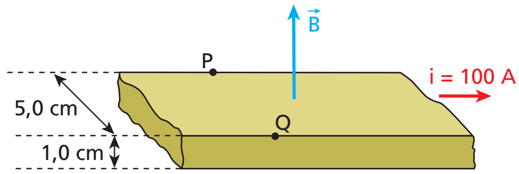
$$L = \frac{1}{2\,g} \cdot \frac{4\,m^2\,g^2}{q^2\,B_0^2} \Rightarrow \boxed{L = \frac{2\,m^2\,g}{q^2\,B_0^2}}$$

Resposta: $\dfrac{2\,m^2\,g}{q^2\,B_0^2}$

50 No cobre, o número de elétrons livres por unidade de volume é n = 8,5 · 10^{22} elétrons/cm³. Na figura a seguir temos uma fita de cobre, percorrida por corrente constante de intensidade i = 100 A e imersa em campo magnético uniforme de intensidade B = 4,0 T, perpendicular a ela. Calcule:

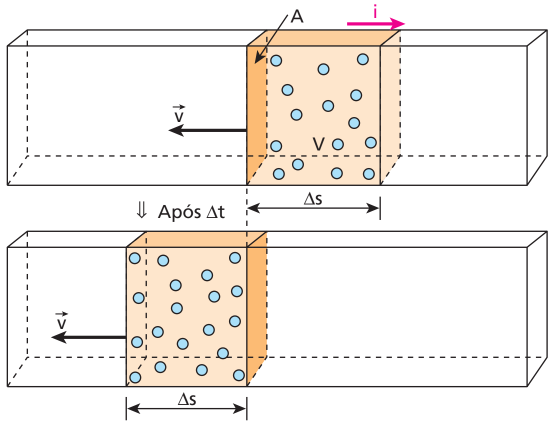
a) a velocidade média de deslocamento dos elétrons livres (e = 1,6 · 10^{-19} C);

b) a diferença de potencial entre os pontos **P** e **Q**, em valor absoluto.



Resolução:

a) Durante um intervalo de tempo Δt, **N** elétrons livres passam por uma seção transversal da fita. Esses elétrons ocupam uma porção da fita de volume **V** e comprimento Δs:



$n = \dfrac{N}{V} \Rightarrow N = n\,V = n\,A\,\Delta s$

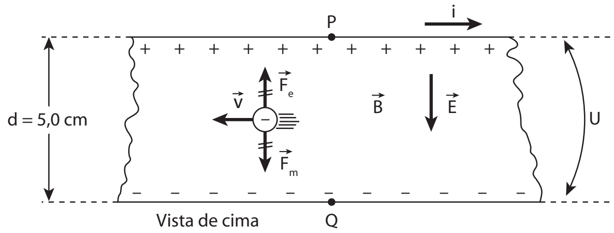
$i = \dfrac{N\,e}{\Delta t} = \dfrac{n\,A\,\Delta s\,e}{\Delta t} \Rightarrow i = n\,A\,v\,e$

$v = \dfrac{i}{n\,A\,e}$

$$v = \frac{100 \text{ C/s}}{8{,}5 \cdot 10^{22} \dfrac{\text{elétrons}}{\text{cm}^3}\ 5{,}0 \text{ cm}^2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}$$

$v = 1{,}47 \cdot 10^{-3}$ cm/s

b)



A polarização da fita se encerra quando $\vec{F}_e$ e $\vec{F}_m$ se equilibram:

$F_e = F_m \Rightarrow e\,E = e\,v\,B \Rightarrow E = v\,B$

Como $E\,d = |U|$: $E = \dfrac{|U|}{d}$

Então:

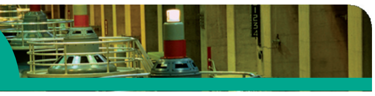
$\dfrac{|U|}{d} = v\,B \Rightarrow |U| = d\,v\,B$

$|U| = 5{,}0 \cdot 10^{-2}$ m $1{,}47 \cdot 10^{-5}$ m/s $\cdot$ 4,0 T

$|U| = 2{,}94 \cdot 10^{-6}$ V = 2,94 μV

Respostas: a) $1{,}47 \cdot 10^{-3}$ cm/s ; b) 2,94 μV

Tópico 2



1 Um campo magnético é gerado:

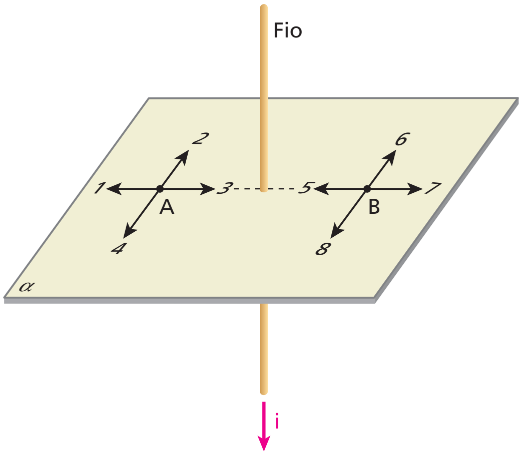
a) por eletrização: o polo norte magnético é positivo e o polo sul magnético é negativo.
b) por cargas elétricas em repouso.
c) por cargas elétricas necessariamente em movimento circular.
d) por cargas elétricas necessariamente em movimento retilíneo.
e) por cargas elétricas em movimento, não importando o formato da trajetória.

Resolução:

- É importante alertar o estudante de que polos magnéticos nada têm que ver com regiões eletrizadas.
- O campo magnético é gerado por correntes elétricas em movimento. Não importa o tipo desse movimento.

Resposta: e

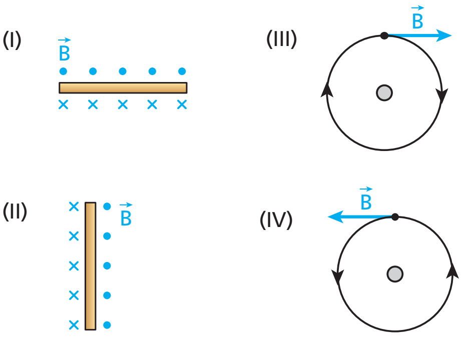
2 Por um fio condutor retilíneo passa uma corrente contínua de intensidade **i**, no sentido indicado na figura.



Quais dos vetores, numerados de 1 a 8, podem representar o vetor indução magnética criado pela corrente nos pontos **A** e **B**, pertencentes a um plano **α** perpendicular ao fio?

Respostas: Em **A**: 2; em **B**: 8

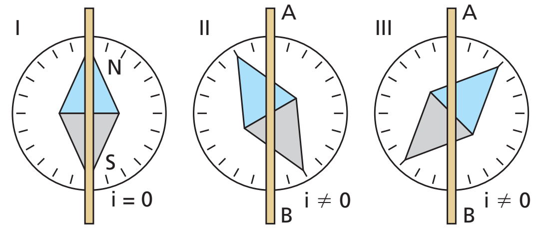
3 Nas figuras I e II, temos condutores retilíneos estendidos no plano desta página e, nas figuras III e IV, temos intersecções, também com o plano desta página, de condutores retilíneos perpendiculares a ela.



Em cada caso, observe o sentido do campo magnético devido ao fio e determine o sentido da corrente que passa por ele.

Respostas: I. Para a direita (⇒); II. Para baixo (⇓); III. Entrando no papel (x); IV. Saindo do papel (•).

4 Observe as figuras seguintes. Em I, a agulha de uma bússola está em equilíbrio estável na direção norte-sul e não passa corrente pelo fio de cobre situado acima dela. Em II e III, entretanto, a corrente nesse fio não é nula e a agulha também está em equilíbrio estável.

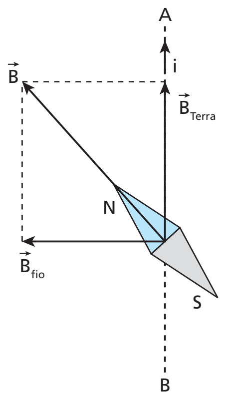


Tomando como referência os pontos **A** e **B**, determine o sentido da corrente no fio:

a) em II;
b) em III.

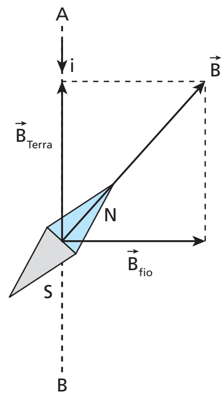
Resolução:

a)



De **B** para **A**

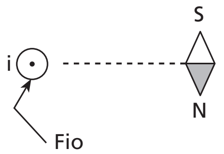
b)

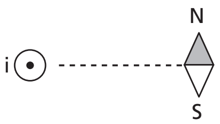


De **A** para **B**

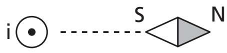
Respostas: a) De **B** para **A**; b) De **A** para **B**

5 (ITA-SP) Coloca-se uma bússola nas proximidades de um fio retilíneo, vertical, muito longo, percorrido por uma corrente elétrica contínua **i**. A bússola é disposta horizontalmente e assim a agulha imantada pode girar livremente em torno de seu eixo. Nas figuras abaixo, o fio é perpendicular ao plano do papel, com a corrente no sentido indicado (saindo). Indique a posição de equilíbrio estável da agulha imantada, desprezando o campo magnético terrestre:

a)


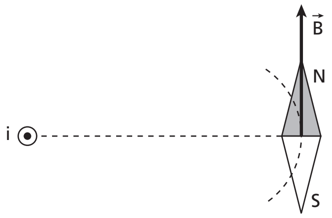
b)


c)


d)


e) Nenhuma das situações anteriores.

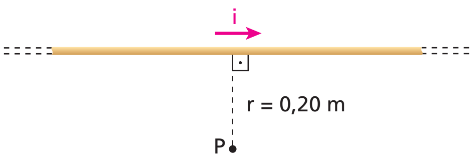
Resolução:
Usando a regra da mão direita envolvente:



Resposta: b

6 **E.R.** Um fio retilíneo muito longo, situado num meio de permeabilidade absoluta $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{T\,m}{A}$, é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade i = 5,0 A. Considerando o fio no plano do papel, caracterize o vetor indução magnética no ponto **P**, situado nesse plano.

Resolução:



A direção do vetor indução magnética no ponto **P** é perpendicular ao plano definido pelo ponto e pelo condutor, ou seja, é perpendicular ao plano do papel.
O sentido desse vetor, dado pela regra da mão direita envolvente, é entrando no plano do papel e seu módulo é dado por:

$$B = \frac{\mu\, i}{2\pi\, r}$$

Como $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{T\,m}{A}$, i = 5,0 A e r = 0,20 m, calculamos **B**:

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5{,}0}{2\pi \cdot 0{,}20} \Rightarrow \boxed{B = 5{,}0 \cdot 10^{-6}\ T}$$

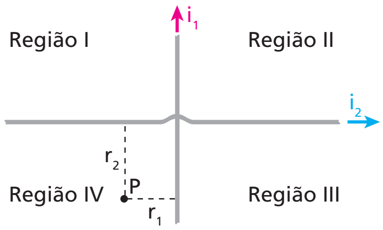
7 Um longo fio retilíneo é percorrido por corrente de intensidade igual a 9,0 A. Sendo $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{T\,m}{A}$, calcule a intensidade do campo magnético criado pelo fio a 10 cm dele.

Resolução:
$r = 10\ cm = 10 \cdot 10^{-2}\ m$

$$B = \frac{\mu\, i}{2\,\pi\, r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 9{,}0}{2\pi \cdot 10^{-1}} \Rightarrow \boxed{B = 1{,}8 \cdot 10^{-5}\ T}$$

Resposta: $1{,}8 \cdot 10^{-5}\ T$

8 **E.R.** Dois longos fios retilíneos, estendidos no plano do papel, cruzam-se perpendicularmente sem que haja contato elétrico entre eles.



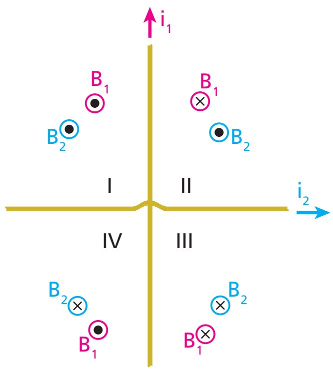
Esses fios são percorridos pelas correntes de intensidades i_1 e i_2, cujos sentidos estão indicados na figura.

a) Em quais das regiões é possível ser nulo o campo magnético resultante dos dois fios?

b) Caracterize o campo magnético resultante $\vec{B}$ no ponto **P**, supondo $i_1 = 10\ A$, $i_2 = 40\ A$, $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{T\,m}{A}$, $r_1 = 10\ cm$ e $r_2 = 20\ cm$.

Resolução:

a) Usando a regra da mão direita envolvente, determinamos, nas quatro regiões, os sentidos dos campos $\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$, criados por i_1 e i_2, respectivamente.



Para o campo resultante ser nulo, $\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$ precisam ter sentidos opostos, o que só acontece nas regiões II e IV.

b) Vamos calcular B_1 e B_2, lembrando que $r_1 = 0{,}10\ m$ e $r_2 = 0{,}20\ m$:

$$B_1 = \frac{\mu\, i_1}{2\pi\, r_1} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10}{2\pi \cdot 0{,}10} \Rightarrow B_1 = 2{,}0 \cdot 10^{-5}\ T$$

$$B_2 = \frac{\mu\, i_2}{2\pi\, r_2} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 40}{2\pi \cdot 0{,}20} \Rightarrow B_2 = 4{,}0 \cdot 10^{-5}\ T$$

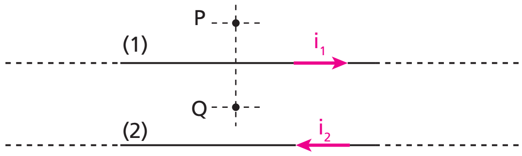
Observe que o ponto **P** pertence à região IV, em que $\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$ têm sentidos opostos. Então, a intensidade do campo resultante, sendo B_2 maior que B_1, é dada por:

$$B = B_2 - B_1 = 4{,}0 \cdot 10^{-5} - 2{,}0 \cdot 10^{-5} \Rightarrow B = 2{,}0 \cdot 10^{-5}\ T$$

Portanto as características do vetor $\vec{B}$ são:

Intensidade: $2{,}0 \cdot 10^{-5}$ T.
Direção: perpendicular ao plano do papel.
Sentido: entrando no papel, pois $B_2 > B_1$.

9 (Vunesp-SP) Considere dois fios retilíneos e compridos, colocados paralelamente um ao lado do outro, percorridos pelas correntes elétricas i_1 e i_2, de sentidos contrários, como mostra a figura. **P** e **Q** são pontos situados no plano definido por esses fios.



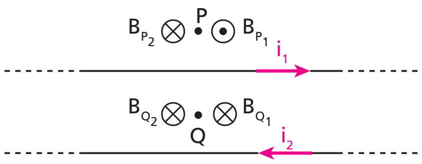
Os módulos dos vetores indução magnética nos pontos **P** e **Q**, devidos às correntes i_1 e i_2, valem, respectivamente,

$B_{P_1} = 1{,}0 \cdot 10^{-4}$ T, $B_{P_2} = 1{,}0 \cdot 10^{-4}$ T, $B_{Q_1} = 1{,}0 \cdot 10^{-4}$ T e $B_{Q_2} = 3{,}0 \cdot 10^{-4}$ T.

Determine o módulo do vetor indução magnética resultante:

a) B_P, no ponto **P**;
b) B_Q, no ponto **Q**.

Resolução:



a) $B_P = B_{P_1} - B_{P_2} = 1{,}0 \cdot 10^{-4} - 1{,}0 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \boxed{B_P = 0}$

b) $B_Q = B_{Q_1} + B_{Q_2} = 1{,}0 \cdot 10^{-4} + 3{,}0 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \boxed{B_Q = 4{,}0 \cdot 10^{-4}\ \text{T}}$

Respostas: a) $B_P = 0$; b) $B_Q = 4{,}0 \cdot 10^{-4}$ T

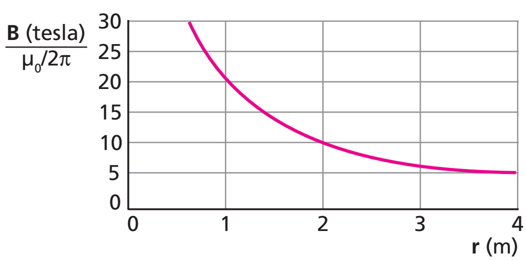
10 Uma corrente elétrica necessariamente produz:

a) efeito fisiológico;
b) efeito magnético;
c) efeito Joule;
d) efeito químico;
e) efeito magnético e efeito Joule.

Resolução:
Cargas elétricas em movimento (corrente elétrica) geram, em **qualquer** situação, um campo de indução magnética.
Portanto, uma corrente elétrica sempre produz **efeito magnético**.

Resposta: b

11 (UFPE) O gráfico abaixo representa o comportamento da indução magnética em pontos situados a uma distância **r** de um fio retilíneo e muito longo. Se **B** foi medido em teslas, qual o valor em ampères da corrente transportada pelo fio?



Resolução:
Para r = 1 m, por exemplo, temos:

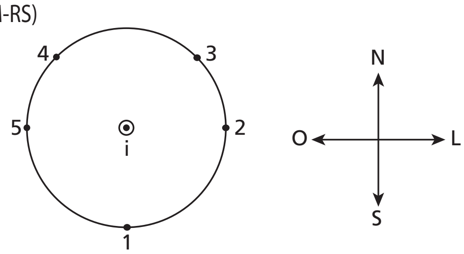
$$\frac{B}{\frac{\mu_0}{2\pi}} = 20 \Rightarrow B = \frac{\mu_0}{2\pi}\, 20$$

$$\text{Como } B = \frac{\mu_0\, i}{2\pi\, r}: \frac{\mu_0}{2\pi}\, 20 = \frac{\mu_0\, i}{2\pi}$$

i = 20 A

Resposta: 20 A

12 (UFSM-RS)



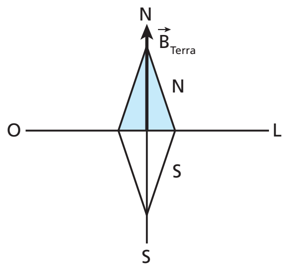
A figura representa um fio condutor perpendicular ao plano da página, no centro de um círculo que contém os pontos 1, 2, 3, 4 e 5. O fio é percorrido por uma corrente **i** que sai desse plano.
A agulha de uma bússola sofre deflexão máxima, quando colocada no ponto:

a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5

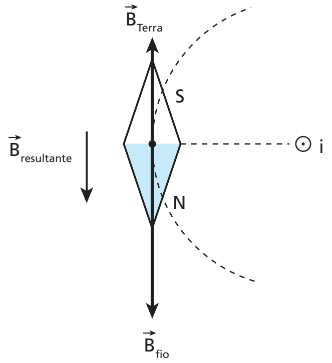
Nota:
• Suponha o campo magnético gerado pelo fio, nos pontos considerados, mais intenso que o da Terra.

Resolução:

Posição da agulha livre do campo magnético do fio:



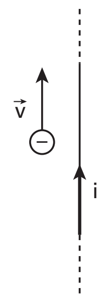
Posição da agulha no ponto 5:



Notemos que a deflexão sofrida pela agulha, ao ser colocada no ponto 5, é de 180°.

Resposta: e

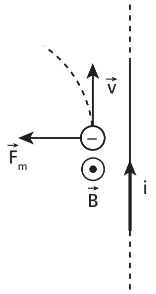
13 (UFV-MG) A figura ao lado mostra um elétron e um fio retilíneo muito longo, ambos dispostos no plano desta página. No instante considerado, a velocidade $\vec{v}$ do elétron é paralela ao fio, que transporta uma corrente elétrica **I**.



Considerando somente a interação do elétron com a corrente, é **correto** afirmar que o elétron:

a) será desviado para a esquerda desta página.
b) será desviado para a direita desta página.
c) será desviado para dentro desta página.
d) será desviado para fora desta página.
e) não será desviado.

Resolução:



Resposta: a

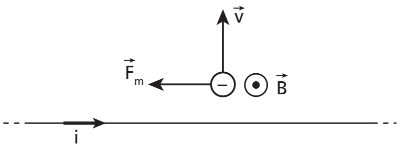
14 Um fio condutor retilíneo e longo, situado no vácuo, é percorrido por uma corrente elétrica de 100 A. Um elétron encontra-se a 10 cm do fio e move-se com velocidade escalar igual a $5 \cdot 10^6$ m/s. Calcule a intensidade da força magnética que atua no elétron, quando a direção do seu movimento é ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T\,m}{A}$ e $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C):

a) radial, afastando-se do fio;
b) paralela ao fio, no sentido da corrente;
c) perpendicular ao fio e tangente a uma linha de indução.

Resolução:
A 1 cm do condutor, temos:

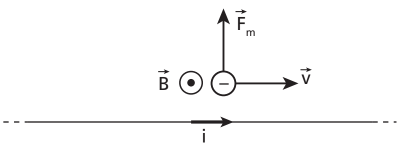
$$B = \frac{\mu_0\, i}{2\pi\, r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 100}{2\pi \cdot 10 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow B = 2 \cdot 10^{-4}\,T$$

a) $F_m = |q|\, v\, B \,\text{sen}\, \theta$
$F_m = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot 1$

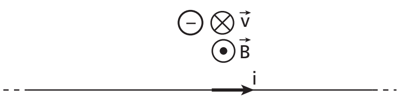


$\boxed{F_m = 1{,}6 \cdot 10^{-16}\,N}$

b) $\boxed{F_m = 1{,}6 \cdot 10^{-16}\,N}$

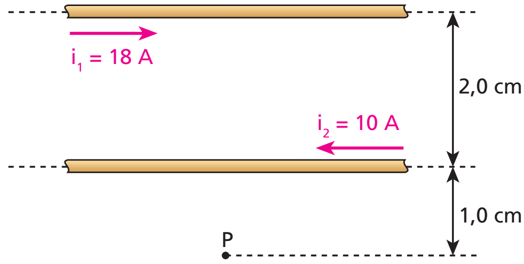


c) Sendo **θ** igual a 0 ou 180°: sen $= 0$ e $\boxed{F_m = 0}$



Respostas: a) $1{,}6 \cdot 10^{-16}$ N; b) $1{,}6 \cdot 10^{-16}$ N; c) zero

15 Na figura, temos trechos de dois fios paralelos muito longos, situados no vácuo, percorridos por correntes elétricas de módulos e sentidos indicados:



Determine o módulo do vetor indução magnética no ponto **P**, situado no mesmo plano dos fios, sendo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T\,m}{A}$.

Resolução:
Em **P**, $\vec{B}_1$ entra no papel:

$$B_1 = \frac{\mu\, i_1}{2\pi\, r} = \frac{4\pi\, 10^{-7} \cdot 18}{2\pi\, 3{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow B_1 = 1{,}2 \cdot 10^{-4}\,T$$

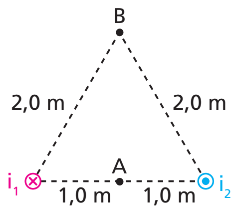
Em **P**, $\vec{B}_2$ sai do papel:

$$B_2 = \frac{\mu\, i_2}{2\pi\, r} = \frac{4\pi\, 10^{-7} \cdot 10}{2\pi\, 1{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow B_2 = 2{,}0 \cdot 10^{-4}\,T$$

Assim: $B_P = B_2 - B_1 \Rightarrow B_P = 8{,}0 \cdot 10^{-5}\,T$

Resposta: $8{,}0 \cdot 10^{-5}$ T

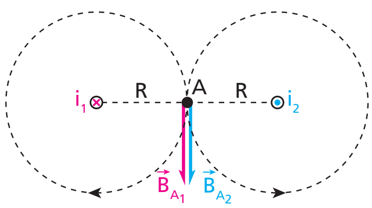
16 E.R. A figura mostra as seções transversais de dois fios retilíneos muito longos, percorridos por correntes elétricas i_1 e i_2 de sentidos opostos, mas de mesmo módulo igual a 4,0 A. Os símbolos (x) e (•) indicam, respectivamente, correntes entrando e saindo do papel:



Sendo $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T\,m}{A}$, determine o módulo do vetor indução magnética:

a) no ponto **A**;
b) no ponto **B**.

Resolução:
a)



As induções $\vec{B}_{A_1}$ e $\vec{B}_{A_2}$ criadas em **A**, respectivamente por i_1 e i_2, têm módulos dados por:

$$B_{A_1} = \frac{\mu\, i_1}{2\pi\, R} \text{ e } B_{A_2} = \frac{\mu\, i_2}{2\pi\, R}$$

Como $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T\,m}{A}$, $i_1 = i_2 = 4{,}0$ A e R = 1,0 m, segue que:

$$B_{A_1} = B_{A_2} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 4{,}0}{2\pi \cdot 1{,}0}$$

$$B_{A_1} = B_{A_2} = 8{,}0 \cdot 10^{-7}\ T$$

Como $\vec{B}_{A_1}$ e $\vec{B}_{A_2}$ possuem a mesma direção e o mesmo sentido, a indução resultante em **A**, $\vec{B}_A$, tem módulo dado por:

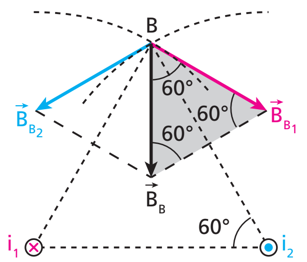
$$B_A = B_{A_1} + B_{A_2}$$

Como $B_{A_1} = B_{A_2} = 8{,}0 \cdot 10^{-7}$ T, calculemos B_A:

$$B_A = 8{,}0 \cdot 10^{-7} + 8{,}0 \cdot 10^{-7}$$

$$\boxed{B_A = 1{,}6 \cdot 10^{-6}\ T}$$

b)



Os módulos de $\vec{B}_{B_1}$ e $\vec{B}_{B_2}$ são dados por:

$$B_{B_1} = \frac{\mu\, i_1}{2\pi R} \quad e \quad B_{B_2} = \frac{\mu\, i_2}{2\pi R}$$

Como $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T\,m}{A}$, $i_1 = i_2 = 4{,}0$ A e R = 2,0 m, temos:

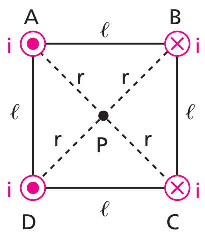
$$B_{B_1} = B_{B_2} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 4{,}0}{2\pi \cdot 2{,}0}$$

$$B_{B_1} = B_{B_2} = 4{,}0 \cdot 10^{-7}\ T$$

Como o triângulo destacado na figura anterior é equilátero, a indução resultante em **B** tem módulo igual ao de $\vec{B}_{B_1}$ ou $\vec{B}_{B_2}$. Portanto:

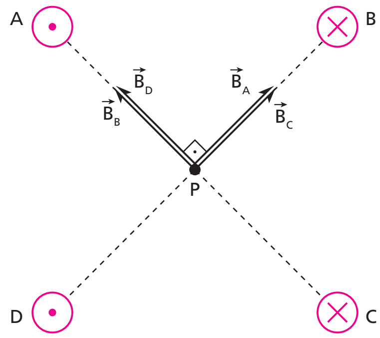
$$\boxed{B_B = 4{,}0 \cdot 10^{-7}\ T}$$

17 A seção reta de um conjunto de quatro fios paralelos é um quadrado de lado ℓ igual a 15 cm. A intensidade da corrente em cada fio é de 30 A, no sentido indicado na figura. Determine o módulo do vetor indução magnética no centro do quadrado, sabendo que os fios estão no ar $\left(\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T\,m}{A}\right)$.



Resolução:

Na figura a seguir, estão indicados os vetores indução no centro **P** do quadrado, criados pelos quatro fios:



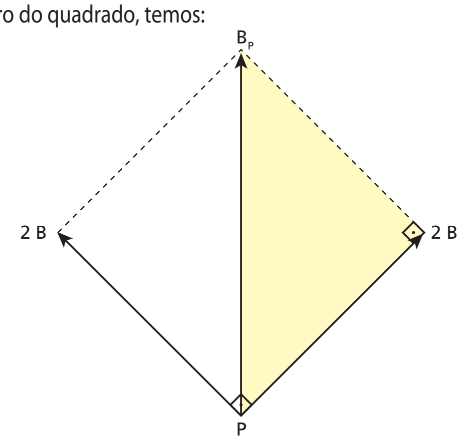
Como as correntes têm a mesma intensidade e **P** é equidistante dos quatro fios, temos:

$$B_A = B_B = B_C = B_D = B = \frac{\mu\, i}{2\pi\, r}$$

Sendo $\mu = 4\,\pi\, 10^{-7} \frac{T\,m}{A}$, i = 30 A e $r = \frac{\ell\sqrt{2}}{2} = 7{,}5\sqrt{2} \cdot 10^{-2}$ m, calculemos **B**, que é o módulo comum dos quatro vetores:

$$B = \frac{4\pi\, 10^{-7} \cdot 30}{2\pi\, 7{,}5\sqrt{2} \cdot 10^{-2}} \Rightarrow B = \frac{8{,}0 \cdot 10^{-5}}{\sqrt{2}}\ T$$

No centro do quadrado, temos:



Aplicando o Teorema de Pitágoras ao triângulo sombreado, obtemos:

$$B_P^2 = (2\,B)^2 + (2\,B)^2 \Rightarrow B_P = 2\,B\sqrt{2}$$

Como $B = \frac{8{,}0 \cdot 10^{-5}}{\sqrt{5}}$ T, calculemos B_P:

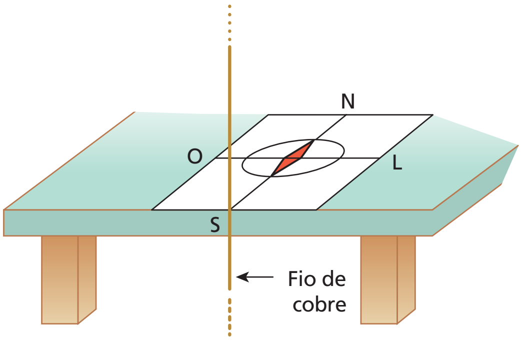
$$B_P = 2 \cdot \frac{8{,}0 \cdot 10^{-5}}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2}$$

$$B_P = 1{,}6 \cdot 10^{-4}\ T$$

Resposta: $1{,}6 \cdot 10^{-4}$ T

18 (Unifesp-SP) Numa feira de ciências, um estudante montou um experimento para determinar a intensidade do campo magnético da Terra. Para tanto, fixou um pedaço de fio de cobre na borda de uma mesa, na direção vertical. Em uma folha de papel, desenhou dois segmentos de retas perpendiculares entre si e colocou uma bússola, de maneira que a direção norte-sul coincidisse com uma das retas e o centro da bússola coincidisse com o ponto de cruzamento das retas. O papel com a bússola foi colocado sobre a mesa de forma que a linha orientada na direção norte-sul encostasse no fio de cobre. O fio foi ligado a uma bateria e, em função disso, a agulha da bússola sofreu uma deflexão.

A figura mostra parte do esquema da construção e a orientação das linhas no papel.



a) Considerando que a resistência elétrica do fio é de 0,2 Ω, a tensão elétrica da bateria é de 6,0 V, a distância do fio ao centro da bússola é de $1{,}0 \cdot 10^{-1}$ m e desprezando o atrito da agulha da bússola com o seu suporte, determine a intensidade do campo magnético gerado pela corrente elétrica que atravessa o fio no local onde está o centro da agulha da bússola.
Dado: $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T · m/A

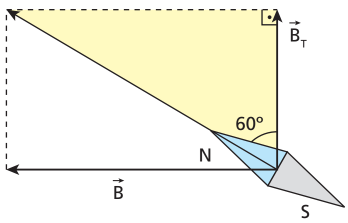
b) Considerando que, numa posição **diferente da anterior** mas ao longo da mesma direção norte-sul, a agulha tenha sofrido uma deflexão de 60° para a direção oeste, a partir da direção norte, e que nessa posição a intensidade do campo magnético devido à corrente elétrica no fio é de $2\sqrt{3} \cdot 10^{-5}$ T, determine a intensidade do campo magnético da Terra no local do experimento.
Dados: sen 60° $= \frac{\sqrt{3}}{2}$, cos 60° $= \frac{1}{2}$ e tg 60° $= \sqrt{3}$.

Resolução:

a) • $i = \frac{U}{R} = \frac{6{,}0}{0{,}2} \Rightarrow i = 30$ A

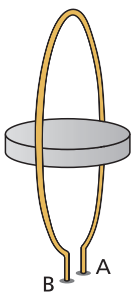
• $B = \frac{\mu\, i}{2\pi\, r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 30}{2\pi \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow \boxed{B = 6{,}0 \cdot 10^{-5}\ \text{T}}$

b) $\text{tg } 60° = \frac{B}{B_T} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{2\sqrt{3} \cdot 10^{-5}}{B_T} \Rightarrow \boxed{B_T = 2 \cdot 10^{-5}\ \text{T}}$

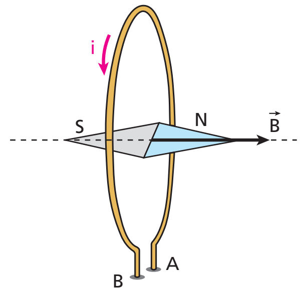


Respostas: a) $6{,}0 \cdot 10^{-5}$ T; b) $2 \cdot 10^{-5}$ T

19 Em uma espira circular disposta verticalmente como representa a figura, é estabelecida uma corrente constante que a percorre de **A** para **B**. Uma bússola, com sua agulha livre para girar em um plano horizontal, é colocada no centro da espira. Considerando o campo magnético da Terra desprezível, em comparação com o criado pela espira, qual é a orientação assumida pela agulha da bússola?

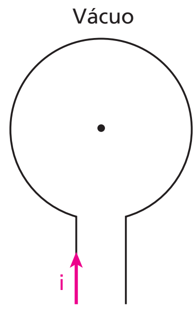


Resolução:
Usando a regra da mão direita envolvente, determinamos o sentido de $\vec{B}$:



Resposta: A agulha se dispõe perpendicularmente ao plano da espira, com seu polo norte magnético apontando para a direita.

20 Uma espira circular de raio 2π cm situa-se no plano do papel e é percorrida por corrente de intensidade igual a 5,0 A, no sentido indicado.
Caracterize o vetor indução magnética criado pela espira em seu centro, sendo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T m}}{\text{A}}$.



Resolução:

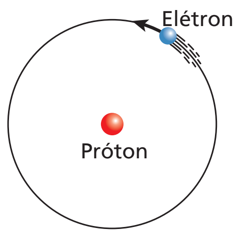
Intensidade: $B = \frac{\mu_0\, i}{2R} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5{,}0}{2 \cdot 2\pi \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{B = 5{,}0 \cdot 10^{-5}\ \text{T}}$

Direção: perpendicular ao plano do papel (plano da espira).

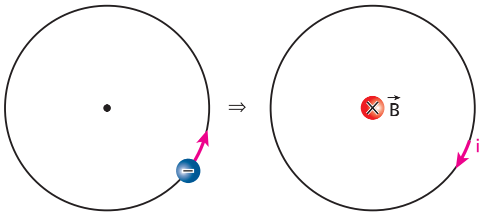
Sentido: entrando no plano do papel (⊗).

Resposta: Perpendicular ao plano do papel, entrando nele, de intensidade igual a $5{,}0 \cdot 10^{-5}$ T.

21 No modelo clássico do átomo de hidrogênio, um elétron realiza um movimento circular ao redor de um próton, como representa a figura.
Considerando o sentido adotado para o movimento do elétron, determine a orientação do campo magnético gerado por ele no centro da circunferência.



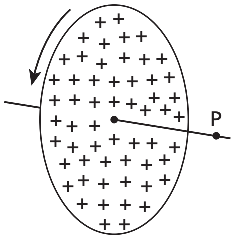
Resolução:



Mão direita envolvente

Resposta: Perpendicular ao plano da circunferência, entrando nesse plano.

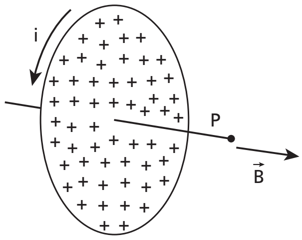
22 (UFMG) Observe a figura. Um disco de material isolante é eletrizado uniformemente com uma carga positiva. Esse disco encontra-se, inicialmente, em repouso. Em seguida, é colocado em rotação, com alta frequência, em torno de um eixo perpendicular ao seu plano e que passa pelo centro dele, como mostra a figura. Suponha um ponto **P** situado sobre o eixo e próximo ao disco.



Considerando essas informações, pode-se afirmar que as cargas elétricas no disco estabelecem em **P**:

a) apenas um campo magnético, se o disco estiver parado.
b) apenas um campo elétrico, se o disco estiver em rotação.
c) um campo elétrico e um campo magnético, se o disco estiver parado.
d) apenas um campo magnético, se o disco estiver em rotação.
e) um campo elétrico e um campo magnético, se o disco estiver em rotação.

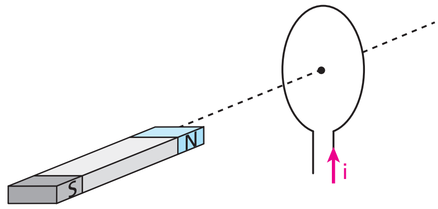
Resolução:
Por estar eletrizado, o disco estabelece em **P** um campo elétrico, independentemente de estar ou não em rotação.
Se estiver em rotação, o disco também estabelecerá em **P** um campo magnético:



Resposta: e

23 Na figura, temos uma espira circular de raio $R = 0{,}10\pi$ m, percorrida por uma corrente elétrica de intensidade igual a 10 A, no sentido indicado. Um ímã está nas proximidades da espira e em repouso em relação a ela. Sendo $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}\,\frac{\text{T m}}{\text{A}}$ a permeabilidade absoluta do meio ambiente:

a) calcule o módulo do vetor indução magnética criado pela espira, em seu centro;
b) informe se a interação entre a espira e o ímã é atrativa ou repulsiva.



Resolução:

a) $B = \frac{\mu\, i}{2R} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10}{2 \cdot 0{,}10\pi} \Rightarrow \boxed{B = 2{,}0 \cdot 10^{-5}\,\text{T}}$

b) A interação é **repulsiva** porque na face da espira voltada para o ímã existe um polo norte magnético.

Respostas: a) $2{,}0 \cdot 10^{-5}$ T; b) repulsiva

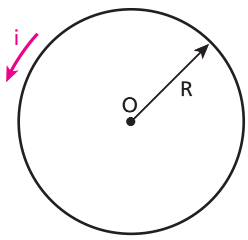
24 E.R. Uma espira circular de raio R = 20 cm é percorrida por uma corrente i = 40 A. Sabe-se que o meio onde a espira se encontra tem permeabilidade absoluta $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\,\frac{\text{T m}}{\text{A}}$.

a) Calcule a intensidade do vetor indução magnética no centro **O** da espira.
b) Considerando uma partícula eletrizada com carga q = 2 μC deslocando-se ao longo de um diâmetro da espira, calcule a intensidade da força magnética que atuará nessa partícula ao passar por **O**, sabendo que sua velocidade, nesse ponto, vale 1 000 m/s.

Resolução:

a) A intensidade do vetor indução magnética no centro da espira é dada por:

$$B = \frac{\mu_0\, i}{2R}$$



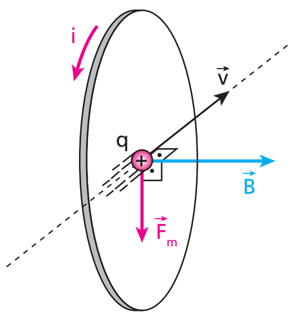
Como $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\,\frac{\text{T m}}{\text{A}}$,

i = 40 A e R = 0,20 m, calculemos **B**:

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 40}{2 \cdot 0{,}20} \Rightarrow \boxed{B = 4\pi \cdot 10^{-5}\,\text{T}}$$

b) A intensidade da força magnética é dada por:

$$F_m = |q|\, v\, B \,\text{sen}\, \theta$$

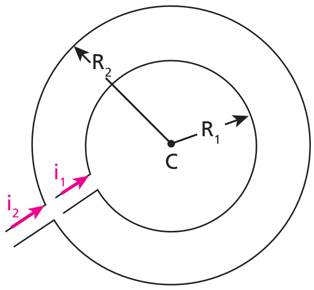


Sendo $q = 2 \cdot 10^{-6}$ C, $v = 1\,000$ m/s, $B = 4\pi \cdot 10^{-5}$ T e $\theta = 90°$, calculemos F_m:

$$F_m = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1\,000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-5} \cdot \text{sen } 90°$$

$$\boxed{F_m = 8\pi \cdot 10^{-8}\ \text{N}}$$

25 Duas espiras circulares, coplanares e concêntricas são percorridas por correntes elétricas de intensidades $i_1 = 20$ A e $i_2 = 30$ A, cujos sentidos estão indicados na figura (fora de escala). Os raios das espiras são $R_1 = 20$ cm e $R_2 = 40$ cm.



Calcule o módulo do vetor indução magnética no centro **C**, sendo $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T\,m}{A}$ a permeabilidade absoluta do meio.

Resolução:

$$B_1 = \frac{\mu\, i_1}{2\, R_1} = \frac{4\pi\, 10^{-7} \cdot 20}{2 \cdot 0{,}20} \Rightarrow B_1 = 2\pi\, 10^{-5}\ \text{T}$$

$$B_2 = \frac{\mu\, i_2}{2\, R_2} = \frac{4\pi\, 10^{-7} \cdot 30}{2 \cdot 0{,}40} \Rightarrow B_2 = 1{,}5\pi\, 10^{-5}\ \text{T}$$

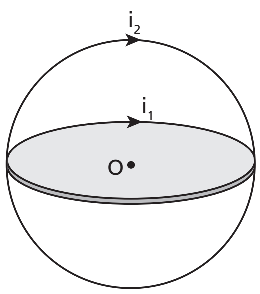
Como $\vec{B}_1$ e $\vec{B}_2$ têm a mesma direção e o mesmo sentido (perpendicular ao plano do papel, "entrando" no papel), temos, em **C**:

$B = B_1 + B_2 = 3{,}5\,\pi\, 10^{-5}$ T

Resposta: $3{,}5\,\pi\, 10^{-5}$ T

26 (UFSC) A figura a seguir mostra dois aros condutores circulares, cujos centros coincidem num ponto **O**. Os aros encontram-se no vácuo em planos perpendiculares entre si e com raios de $0{,}4\pi$ m. Nos aros circulam correntes em sentidos horários de valores $i_1 = 8$ A e $i_2 = 6$ A. Calcule o módulo do campo magnético, em μT, produzido no ponto **O**.

$$\left(\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N}{A^2}\right)$$



Resolução:

$$B_1 = \frac{\mu_0\, i_1}{2\, R} = \frac{4\pi\, 10^{-7} \cdot 8}{2 \cdot 0{,}4\pi} \Rightarrow B_1 = 4 \cdot 10^{-6}\ \text{T}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0\, i_2}{2\, R} = \frac{4\pi\, 10^{-7} \cdot 6}{2 \cdot 0{,}4\pi} \Rightarrow B_2 = 3 \cdot 10^{-6}\ \text{T}$$

Como os dois campos são perpendiculares entre si, temos, em **O**:

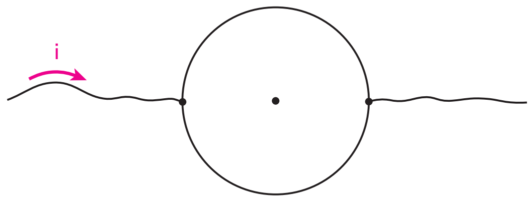
$B = 5 \cdot 10^{-6}\ \text{T} = 5\ \mu\text{T}$

Nota:

- $$\frac{T\,m}{A} = \frac{\frac{N}{C\,\frac{m}{s}}\,m}{A} = \frac{\frac{N}{A}}{A} = \frac{N}{A^2}$$

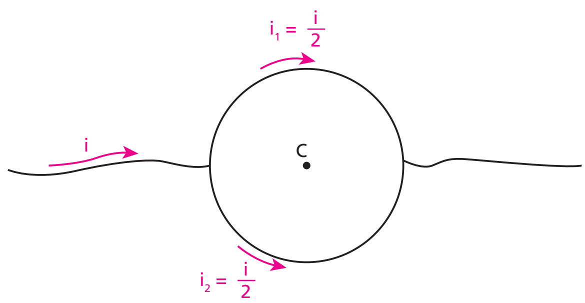
Resposta: 5 μT

27 Com um pedaço de fio comum de cobre foi feita uma espira circular. Outros dois pedaços de fio de cobre foram soldados em pontos diametralmente opostos da espira, como representado na figura.



Determine a intensidade do campo magnético no centro da espira, quando uma corrente constante de intensidade **i** passa pelo fio.

Resolução:



As correntes de intensidades i_1 e i_2 criam, no centro **C**, campos magnéticos de mesma intensidade e sentidos opostos.
Então:

$B_C = 0$

Resposta: zero

28 Uma bobina chata, constituída de 100 espiras circulares de raio 2π cm, é percorrida por uma corrente de 20 A de intensidade. Calcule a intensidade do campo magnético no centro da bobina, devido a essa corrente, sendo $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T\,m}{A}$ a permeabilidade magnética do meio.

Resolução:

$$B = \frac{n\,\mu\,i}{2R} = \frac{100 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20}{2 \cdot 2\pi \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{B = 2 \cdot 10^{-2}\ T}$$

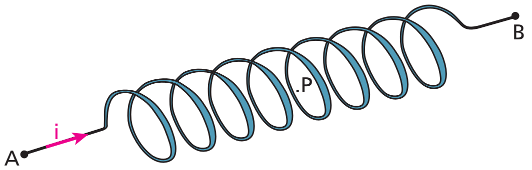
Resposta: $2 \cdot 10^{-2}$ T

29 No interior de um solenoide longo, as linhas de indução do campo magnético gerado pela corrente elétrica contínua que percorre suas espiras são, mais aproximadamente:

a) circunferências com centros no fio que constitui o solenoide;
b) circunferências com centros no eixo do solenoide;
c) retas paralelas ao eixo do solenoide;
d) retas perpendiculares ao eixo do solenoide;
e) hélices cilíndricas.

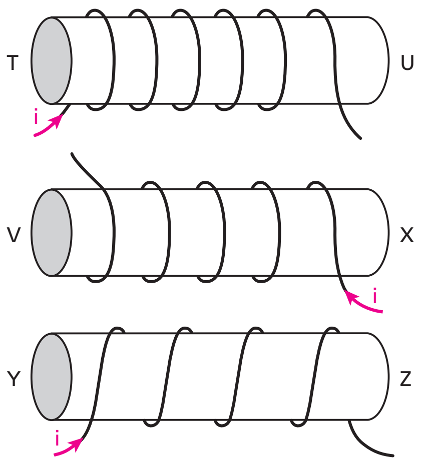
Resposta: c

30 Tomando como referência os pontos **A** e **B**, determine a orientação do vetor indução magnética no centro **P** do solenoide representado na figura, percorrido pela corrente elétrica de intensidade **i**.



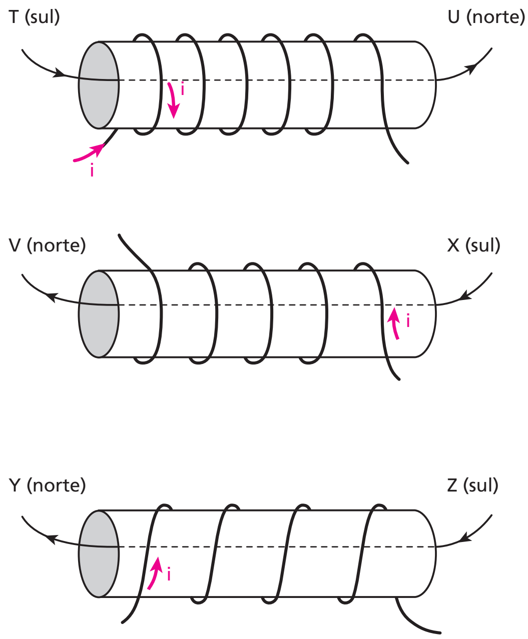
Resposta: De **A** para **B**.

31 Nos solenoides representados nas figuras abaixo, **T**, **U**, **V**, **X**, **Y** e **Z** são polos magnéticos produzidos pela corrente **i**.



Em relação a um observador situado fora dos solenoides, determine quais são os polos norte e sul dos solenoides.

Resolução:



Respostas: Norte: **U**, **V** e **Y**; Sul: **T**, **X** e **Z**

32 E.R. Um solenoide de 20 cm de comprimento contém 1 000 espiras e é percorrido por uma corrente elétrica de 5,0 A. Sendo $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{T\,m}{A}$ a permeabilidade absoluta do meio existente em seu interior, calcule o módulo do vetor indução magnética criado pelo solenoide nessa região. Use $\pi = 3{,}1$.

Resolução:
O módulo do vetor indução magnética que o solenoide cria em seu interior é dado por:

$$B = \frac{\mu\,n\,i}{\ell}$$

Como $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{T\,m}{A}$, $n = 1\,000$, $i = 5{,}0$ A e $\ell = 0{,}20$ m, calculamos **B**:

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1\,000 \cdot 5{,}0}{0{,}20}$$

$$\boxed{B = 3{,}1 \cdot 10^{-2}\ T}$$

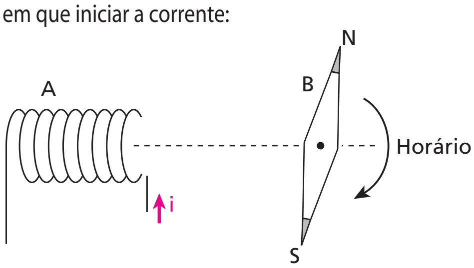
33 Um solenoide de 15 000 espiras por metro é percorrido por uma corrente de intensidade igual a 10 A. Determine o módulo da indução magnética em seu interior, onde a permeabilidade magnética vale $4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{T\,m}{A}$. Use $\pi = 3{,}1$.

Resolução:

$$B = \frac{\mu\,n\,i}{\ell} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 15\,000 \cdot 10}{1} \Rightarrow \boxed{B = 0{,}19\ T}$$

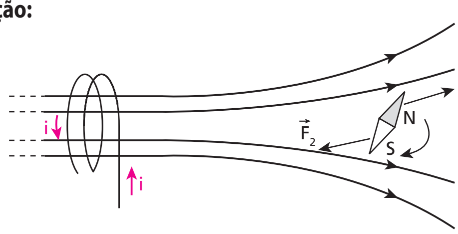
Resposta: 0,19 T

34 (UFPI) Considere o solenoide **A** com corrente fluindo no sentido indicado e a agulha imantada **B**. A agulha está livre para ser girada ou transladada conforme a situação o exija. O solenoide está fixo. A influência da indução magnética sobre a agulha imantada a partir do instante em que iniciar a corrente:



a) somente deflete a agulha no sentido horário.
b) somente deflete a agulha no sentido anti-horário.
c) deflete no sentido horário ao mesmo tempo que a atrai.
d) deflete no sentido anti-horário enquanto a repele.
e) repele sem defletir a agulha.

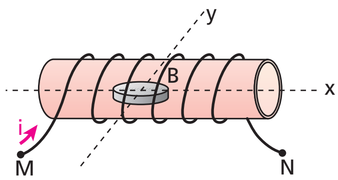
Resolução:



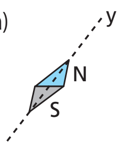
• A agulha deflete no sentido horário.
• $\vec{F}_2$ é mais intensa que $\vec{F}_1$ porque o polo sul magnético **S** da agulha fica mais perto do solenoide, numa região em que a intensidade do vetor indução magnética, criado por ele, é maior que na região em que está o polo norte magnético **N** da agulha.

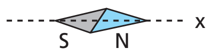
Resposta: c

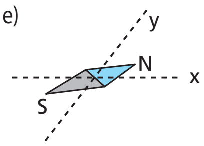
35 A figura representa um canudo plástico e transparente no qual foi enrolado um fio de cobre de extremidades **M** e **N**. Dentro do canudo está uma bússola **B**.

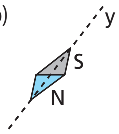


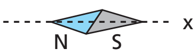
As retas **x** e **y** são perpendiculares entre si e estão no mesmo plano da agulha da bússola.
A posição em que a agulha se estabiliza quando estabelecemos no fio uma corrente elétrica com sentido de **M** para **N**, supondo desprezível o campo magnético terrestre, está mais bem representada na alternativa:

a)


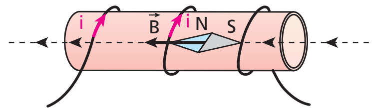
c)


e)


b)


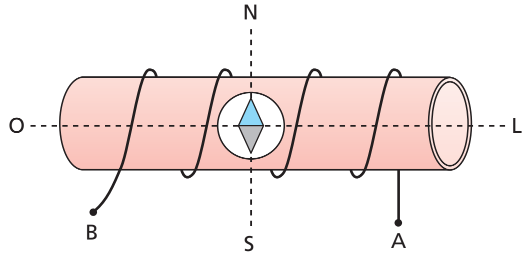
d)


Resolução:



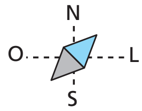
Resposta: d

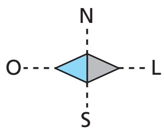
36 Uma bússola é colocada no interior de um solenoide, como ilustra a figura. Sua agulha encontra-se estabilizada na direção norte-sul.

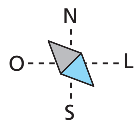


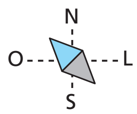
Sistema visto de cima

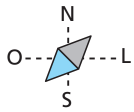
Qual das alternativas representa uma **possível** posição de equilíbrio estável da agulha, quando uma corrente contínua passa pelo solenoide, de **A** para **B**?

a)


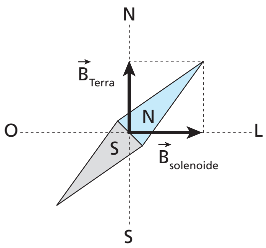
c)


e)


b)


d)


Resolução:



Resposta: a

37 Mostre que a unidade $\frac{N}{A^2}$ é equivalente a $\frac{T\,m}{A}$.

Resolução:

• $B = \frac{F_m}{|q|\, v \,\text{sen}\,\theta} \Rightarrow T = \frac{N}{C \cdot \frac{m}{s}} = \frac{N}{A\,m}$

• $\frac{T\,m}{A} = \frac{\frac{N}{A\,m} \cdot m}{A} \Rightarrow \boxed{\frac{T\,m}{A} = \frac{N}{A^2}}$

Resposta: Ver demonstração.

38 (UFMG) O tubo de imagem de um televisor está representado, esquematicamente, na Figura **I**.

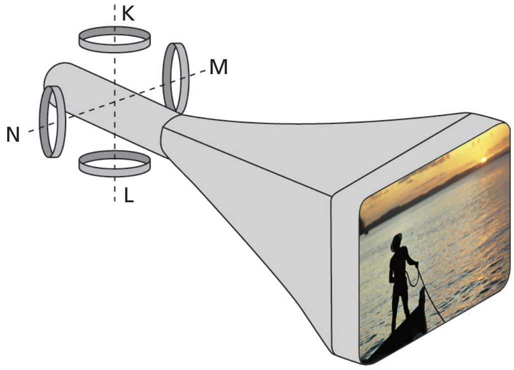


Figura **I**

Figura **II**

Elétrons são acelerados da parte de trás desse tubo em direção ao centro da tela. Quatro bobinas – **K**, **L**, **M** e **N** – produzem campos magnéticos variáveis, que modificam a direção dos elétrons, fazendo com que estes atinjam a tela em diferentes posições, formando uma imagem, como ilustrado na Figura **II**.

As bobinas **K** e **L** produzem um campo magnético na direção vertical e as bobinas **M** e **N**, na horizontal.

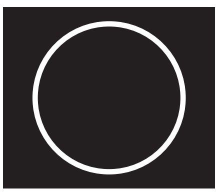
Em um certo instante, um defeito no televisor interrompe a corrente elétrica nas bobinas **K** e **L** e apenas as bobinas **M** e **N** continuam funcionando.

Determine a alternativa em que **melhor** se representa a imagem que esse televisor passa a produzir nessa situação.

a)

c)

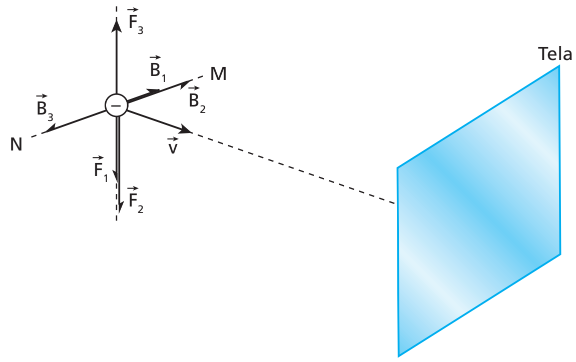
b)



d)

Resolução:

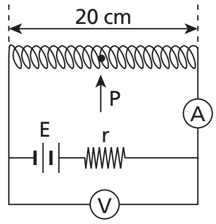
Como o campo magnético é variável, vamos analisar, na figura a seguir, a deflexão dos elétrons quando o vetor indução magnética varia de $\vec{B}_1$ para $\vec{B}_2$ e de $\vec{B}_2$ para $\vec{B}_3$:



As forças magnéticas defletem os elétrons na vertical, para cima e para baixo.

Resposta: a

39 (Unifesp-SP) A figura representa uma bateria, de força eletromotriz **E** e resistência interna r = 5,0 Ω, ligada a um solenoide de 200 espiras. Sabe-se que o amperímetro marca 200 mA e o voltímetro marca 8,0 V, ambos supostos ideais.



a) Qual é o valor da força eletromotriz da bateria?

b) Qual é a intensidade do campo magnético gerado no ponto **P**, localizado no meio do interior vazio do solenoide?

Dados: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ T \cdot m/A$;

$B = \mu_0 \dfrac{N}{L} i$ (módulo do campo magnético no interior de um solenoide).

Resolução:

a) $U = E - r\,i \Rightarrow 8{,}0 = E - 5{,}0 \cdot 0{,}200 \Rightarrow \boxed{E = 9{,}0\ V}$

b) $B = \mu_0 \dfrac{N}{L} i = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \dfrac{200}{20 \cdot 10^{-2}} \cdot 200 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{B = 8\pi \cdot 10^{-5}\ T}$

Respostas: a) 9,0 V; b) $8\pi \cdot 10^{-5}$ T

40 Um fio conduzindo corrente contínua acha-se sob o piso de uma residência, ligeiramente enterrado. Indique a alternativa em que aparece um aparelho capaz de detectar sua posição:

a) alto-falante;
b) transformador;
c) bússola;
d) galvanômetro;
e) eletroímã.

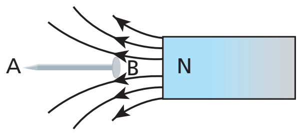
Resposta: c

41 Corrente elétrica é fonte de campo magnético. Esse fato tem aplicação:

a) nos capacitores;
b) nos reostatos;
c) nas campainhas elétricas;
d) nos ferros elétricos de engomar;
e) nos pêndulos elétricos.

Resposta: c

42 (FCC-SP) O prego de ferro AB, inicialmente não-imantado, é aproximado do polo norte **N** de um ímã, como mostra a figura abaixo:

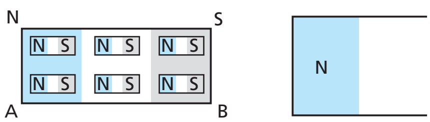


A respeito dessa situação, são feitas três afirmações:

I. O campo magnético do ímã magnetiza o prego.
II. Em **A** forma-se um polo norte e em **B**, um polo sul.
III. O ímã atrai o prego.

Quais são as afirmações corretas?

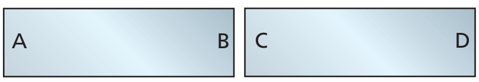
Resolução:



I. Correta.
II. Correta.
III. Correta.

Resposta: Todas

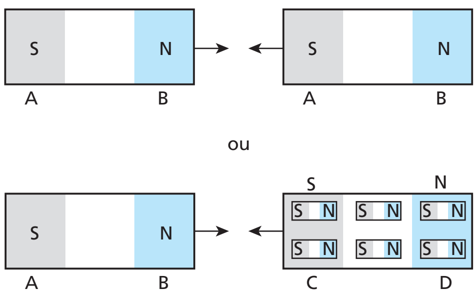
43 Duas barras metálicas aparentemente idênticas, muito distantes de outros corpos, foram posicionadas como mostra a figura, verificando-se uma atração entre elas:



Sabendo-se que não estão eletrizadas, é correto afirmar que:

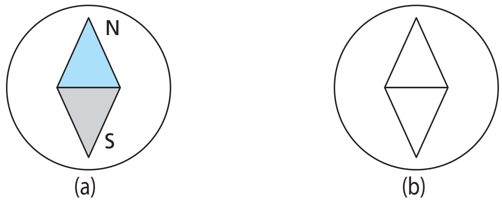
a) As duas barras podem ser ímãs permanentes, cujas extremidades **B** e **C** são polos magnéticos de nomes diferentes.
b) As duas barras são ímãs permanentes, necessariamente.
c) Uma barra pode ser ímã permanente e a outra, um ímã temporário, isto é, imantada por indução magnética.
d) Nenhuma das barras precisa ser um ímã permanente.
e) As alternativas **a** e **c** estão corretas.

Resolução:

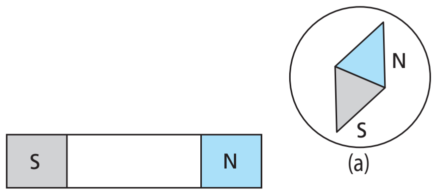


Resposta: e

44 Na figura a seguir, temos duas bússolas **a** e **b**. Porém, por engano, a bússola **b** foi construída com uma agulha de ferro não-imantada.



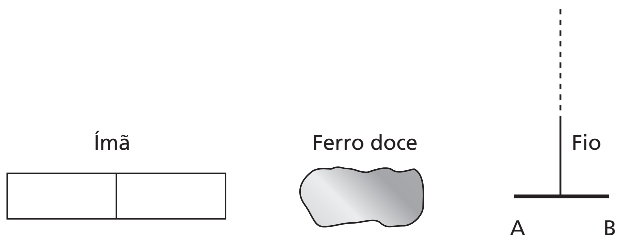
Colocando-se a bússola **a** nas proximidades de um forte ímã, observa-se que sua agulha se estabiliza na posição indicada na próxima figura.



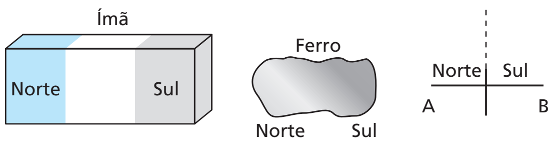
Se, no mesmo lugar onde está a bússola **a**, estivesse a bússola **b**, em que posição se estabilizaria sua agulha de ferro?

Resposta: Na mesma posição em que se estabilizou a agulha da bússola (**a**) porque, na presença do ímã, a agulha da bússola (**b**) magnetiza-se por indução.

45 (Fuvest-SP) Uma agulha imantada, suspensa por um fio em São Paulo, tem uma de suas extremidades (**A**) apontando, aproximadamente, para a cidade de Belém do Pará. Coloca-se nas proximidades da agulha um pedaço de ferro doce. Aproximando-se, em seguida, um ímã de uma das extremidades do pedaço de ferro doce, observa-se a configuração indicada na figura. Qual é o polo do ímã que está mais próximo do pedaço de ferro doce?



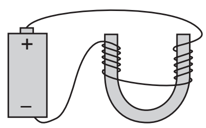
Resolução:
A extremidade **A** da agulha é um polo norte magnético.



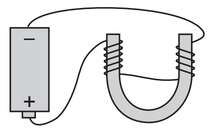
Resposta: Sul

46 (UFV-MG) De posse de uma bateria, uma barra de ferro cilíndrica curvada em forma de **U** e um fio condutor esmaltado (isolado), deseja-se construir um eletroímã de maneira que o ramo da esquerda seja um polo norte e o da direita, um polo sul. Dentre as opções a seguir, a única correta é:

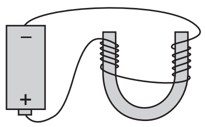
a)



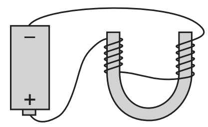
d)



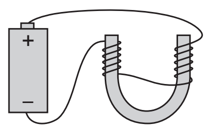
b)



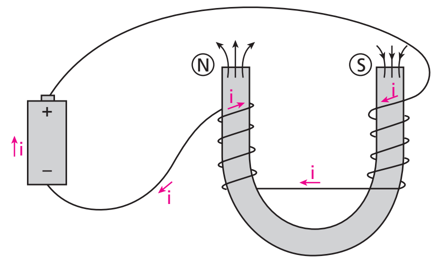
e)



c)

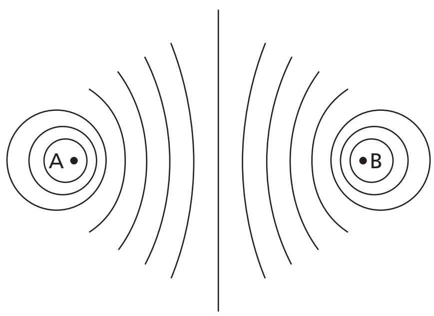


Resolução:



Resposta: c

47 (FCC-SP) A figura dada representa as linhas de indução de um campo magnético, resultante das correntes elétricas que circulam em dois condutores, **A** e **B**, retilíneos, paralelos entre si e perpendiculares à página. Qual a alternativa correta?

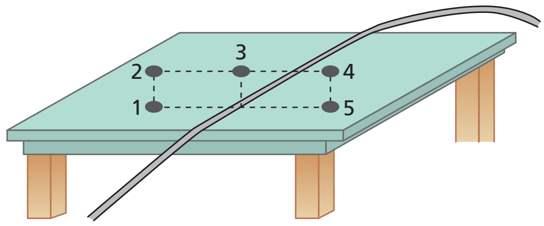


a) As correntes elétricas têm sentidos opostos.
b) Os condutores se atraem.
c) O campo magnético na região entre os fios é menos intenso do que fora dessa região.
d) Na metade da distância entre os dois fios, o campo magnético é nulo.
e) O campo magnético entre os fios é uniforme.

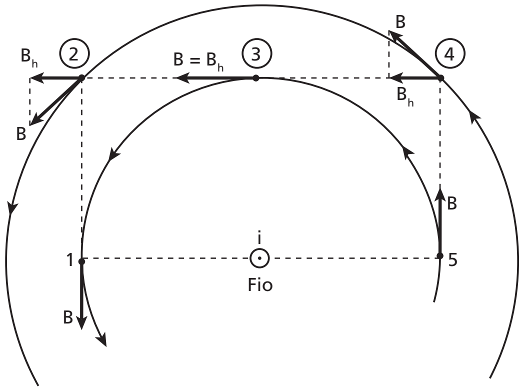
Resolução:
Se as correntes tivessem o mesmo sentido, haveria um enfraquecimento do campo magnético resultante nas vizinhanças do centro do segmento AB, pois elas criariam aí campos de sentidos opostos. O campo resultante nessa região, entretanto, é intenso, pois, quanto maior a densidade de linhas de indução, maior é a intensidade do campo. Além disso, na metade da distância entre os fios, o campo magnético **não** é nulo, já que existe uma linha de indução nesse local.

Resposta: a

48 (Fuvest-SP) Apoiado sobre uma mesa, observa-se o trecho de um fio longo, ligado a uma bateria. Cinco bússolas são colocadas próximas ao fio, na horizontal, nas seguintes posições: 1 e 5 sobre a mesa; 2, 3 e 4 a alguns centímetros acima da mesa. As agulhas das bússolas só podem mover-se no plano horizontal. Quando não há corrente no fio, todas as agulhas das bússolas permanecem paralelas ao fio. Se passar corrente no fio, será observada deflexão, no plano horizontal, das agulhas das bússolas colocadas somente:
a) na posição 3.
b) nas posições 1 e 5.
c) nas posições 2 e 4.
d) nas posições 1, 3 e 5.
e) nas posições 2, 3 e 4.

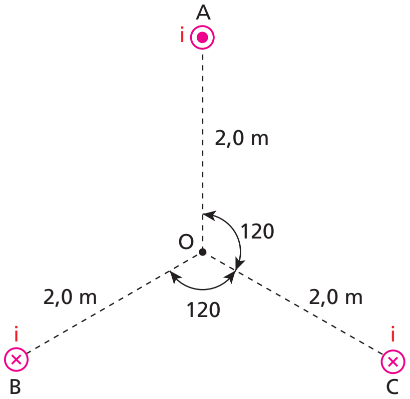


Resolução:
Só ocorrerá deflexão da agulha, no plano **horizontal**, nas posições em que o campo magnético gerado pela corrente no fio for horizontal ou, pelo menos, tiver componente horizontal. Isso acontece em 2, 3 e 4:



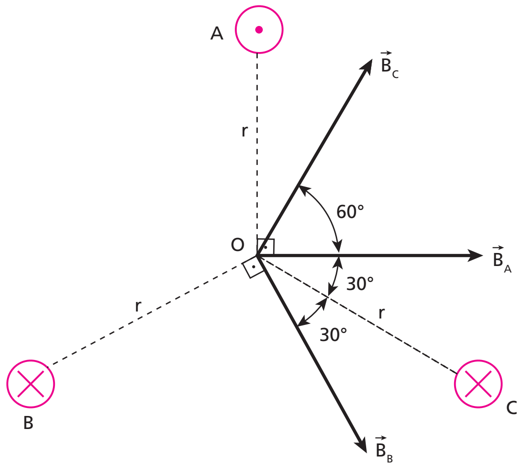
Resposta: e

49 Na figura a seguir, estão representadas as seções transversais de três condutores retilíneos **A**, **B** e **C**, paralelos entre si e muito longos, percorridos por correntes elétricas de intensidades iguais a 20 A. Os três estão situados no vácuo, onde a permeabilidade absoluta vale $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{T\,m}{A}$. No condutor **A**, a corrente está saindo do papel e, nos condutores **B** e **C**, a corrente está entrando. Determine o módulo do vetor indução magnética resultante no ponto **O**, equidistante dos três condutores.



Resolução:

Na figura a seguir, estão indicados os vetores indução magnética criados em **O** pelos três condutores. Os sentidos desses vetores foram dados pela regra da mão direita envolvente.



Como as correntes têm a mesma intensidade nos três condutores e o ponto **O** é equidistante deles, concluímos que os módulos dos três vetores são iguais. Assim:

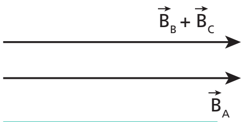
$$B_A = B_B = B_C = \frac{\mu_0\, i}{2\pi\, r}$$

Sendo $\mu_0 = 4\pi\ 10^{-7}\ \frac{T\,m}{A}$, $i = 20$ A e $r = 2{,}0$ m, temos:

$$B_A = B_B = B_C = \frac{4\pi\ 10^{-7} \cdot 20}{2\pi\ 2{,}0} \Rightarrow B_A = B_B = B_C = 2{,}0 \cdot 10^{-6}\ T$$

A seguir, determinamos a resultante dos três vetores.

A soma de $\vec{B}_C$ com $\vec{B}_B$ é igual a $\vec{B}_A$:



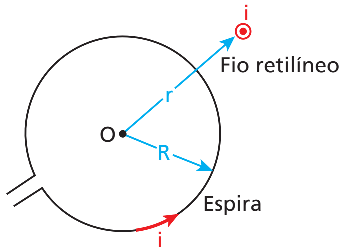
Assim:

$B_0 = 2{,}0 \cdot 10^{-6} + 2{,}0 \cdot 10^{-6}$

$B_0 = 4{,}0 \cdot 10^{-6}\ T$

Resposta: $4{,}0 \cdot 10^{-6}$ T

50 Considere uma espira circular de raio **R** no plano desta página e um fio retilíneo e extenso disposto perpendicularmente a esse plano, a uma distância **r** do centro da espira. Ambos são percorridos por correntes de mesma intensidade **i**, cujos sentidos estão indicados na figura. A permeabilidade absoluta do meio é μ_0. Determine, em função de **r**, **R**, **i**, μ_0 e $\boldsymbol{\pi}$, o módulo do vetor indução magnética no centro **O** da espira.



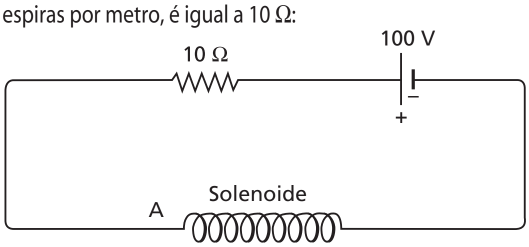
Resolução:

$$B_{fio} = \frac{\mu_0\, i}{2\pi\, r} \qquad B_{espira} = \frac{\mu_0\, i}{2\,R}$$

$$B_O = \sqrt{B_{fio}^2 + B_{espira}^2} = \sqrt{\frac{\mu_0^2\, i^2}{4\pi^2\, r^2} + \frac{\mu_0^2\, i^2}{4\,R^2}} \Rightarrow B_O = \frac{\mu_0\, i}{2}\sqrt{\frac{1}{\pi^2\, r^2} + \frac{1}{R^2}}$$

Resposta: $\frac{\mu_0\, i}{2}\sqrt{\frac{1}{\pi^2\, r^2} + \frac{1}{R^2}}$

51 Na figura a seguir, a resistência elétrica do solenoide, que tem 1 000 espiras por metro, é igual a 10 Ω:



Supondo que haja vácuo no interior do solenoide $\left(\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{T\,m}{A}\right)$, determine:

a) o módulo do campo de indução magnética em seu interior;

b) a polaridade magnética da extremidade **A**.

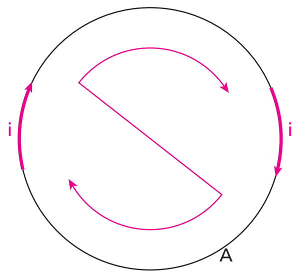
Resolução:

a) $\varepsilon = R_{eq}\, i \Rightarrow 100 = 20\, i \Rightarrow i = 5$ A

$$B = \frac{\mu\, n\, i}{\ell} = 4\,\pi\ \ 10^{-7} \cdot 1000 \cdot 5$$

$$B = 2\pi \cdot 10^{-3}\ T$$

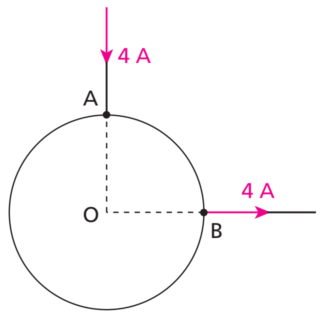
b) Um observador à esquerda de **A** vê:



Assim, a extremidade **A** é um polo sul magnético.

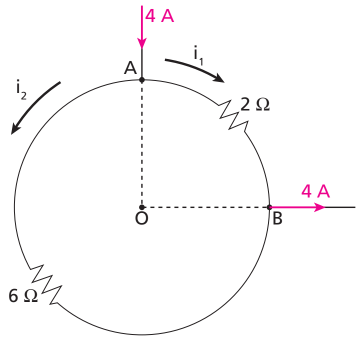
Respostas: a) $2\pi \cdot 10^{-3}$ T; b) Polo sul magnético

52 (Unicamp-SP) Um condutor homogêneo de resistência igual a 8 Ω tem a forma de uma circunferência. Uma corrente I = 4 A chega por um fio retilíneo ao ponto **A** e sai pelo ponto **B** por outro fio retilíneo perpendicular, conforme a figura. As resistências dos fios retilíneos podem ser consideradas desprezíveis.



a) Calcule a intensidade das correntes nos dois arcos de circunferência compreendidos entre **A** e **B**.
b) Calcule o valor da intensidade do campo magnético **B** no centro **O** da circunferência.

Resolução:
a)



$\frac{1}{4}$ de 8 Ω = 2 Ω

$\frac{3}{4}$ de 8 Ω = 6 Ω

A diferença de potencial é igual para os dois arcos entre **A** e **B**. Lembrando que U = R i, temos:

$2\,i_1 = 6\,i_2 \Rightarrow i_1 = 3\,i_2$

Como $i_1 + i_2 = 4\text{ A} \Rightarrow 3\,i_2 + i_2 = 4\text{ A}$

$i_2 = 1\text{ A}$

$i_1 = 3\text{ A}$

b) i_1 cria $\vec{B}_1$ entrando em **O**:

$$B_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{\mu\, i_1}{2\,R} = \frac{3\mu}{8\,R}$$

i_2 cria $\vec{B}_2$ saindo de **O**:

$$B_2 = \frac{3}{4} \cdot \frac{\mu\, i_2}{2\,R} = \frac{3\mu}{8\,R}$$

Portanto:

$B_O = 0$

Respostas: a) 1 A, 3 A; b) Zero

53 (ITA-SP) O valor da indução magnética no interior de uma bobina em forma de tubo cilíndrico é dado, aproximadamente, por B = μ n i, em que **μ** é a permeabilidade do meio, **n** é o número de espiras por unidade de comprimento e **i** é a corrente elétrica. Uma bobina desse tipo é construída com um fio fino metálico de raio **r**, resistividade **ρ** e comprimento **L**. O fio é enrolado em torno de uma forma de raio **R** obtendo-se assim uma bobina cilíndrica de uma única camada, com as espiras uma ao lado da outra. A bobina é ligada aos terminais de uma bateria ideal de força eletromotriz igual a **V**. Nesse caso, pode-se afirmar que o valor de **B** dentro da bobina é:

a) $\frac{\mu\,\pi\,r\,V}{2\rho\,L}$.

b) $\frac{\mu\,\pi\,R\,V}{2\rho\,L}$.

c) $\frac{\mu\,\pi\,r^2\,V\,L}{2\rho}$.

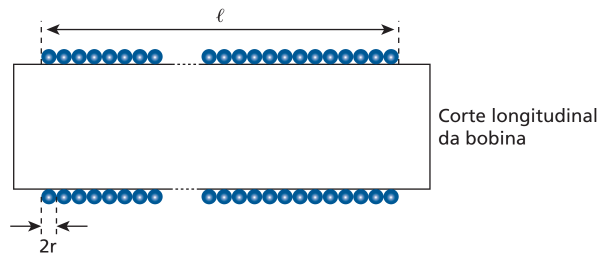
d) $\frac{\mu\,\pi\,r\,V}{2R^2\,L}$.

e) $\frac{\mu\,r^2\,V}{2R^2\,L}$.

Resolução:
- Determinação de **i**:

$$V = R\,i = \frac{\rho\,L}{A} \quad i = \frac{\rho\,L}{\pi\,r^2}\; i \;\Rightarrow\; i = \frac{\pi\,r^2\,V}{\rho\,L}$$

- Determinação de **n**:



Sendo ℓ o comprimento da bobina e **N** o número de espiras, temos:

$n = \frac{N}{\ell}$ e $\ell = N\,2r$

Portanto:

$$n = \frac{N}{N\;2r} = \frac{1}{2r}$$

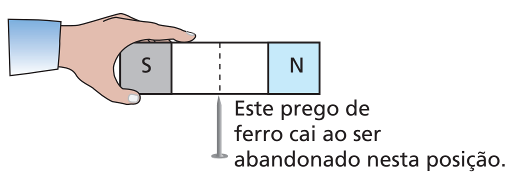
- Finalmente, temos:

$$B = \mu\,n\,i = \mu\,\frac{1}{2r} \cdot \frac{\pi\,r^2\,L}{\rho\,L}$$

$$B = \frac{\mu\,\pi\,r\,V}{2\,\rho\,L}$$

Resposta: a

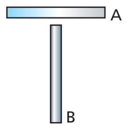
54 Um ímã em forma de barra reta, no qual os polos magnéticos encontram-se nas extremidades, não atrai corpos ferromagnéticos não-imantados colocados em sua região central que, por isso, é denominada zona neutra do ímã:



Suponha, então, que uma pessoa esteja numa sala onde não exista nenhum utensílio. Ela recebe duas barras ferromagnéticas retas, eletricamente neutras e de mesmas dimensões.

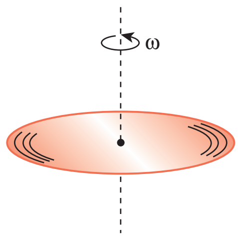
a) Como poderá descobrir se pelo menos uma delas está imantada?
b) Como poderá descobrir se as duas barras estão imantadas ou apenas uma?
c) Como poderá determinar qual é a barra imantada, se a outra não estiver?

Respostas: a) Se forem notadas forças de campo entre as barras, pelo menos uma estará imantada.
b) Se as forças de campo entre uma extremidade de uma barra e uma extremidade da outra forem sempre de atração, apenas uma barra estará imantada. Se as forças forem de atração ou repulsão, as duas estarão imantadas.
c) As barras deverão ser dispostas como na figura a seguir:

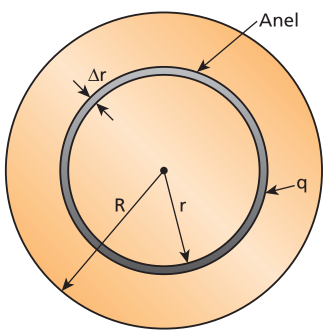


Se houver atração, a barra **B** estará imantada.
Se não houver atração, a barra **A** estará imantada.

55 Um disco isolante de raio **R** encontra-se eletrizado positivamente com carga **Q**, uniformemente distribuída em sua superfície. O disco rota em torno de seu eixo, com velocidade angular constante **ω**. Sendo μ_0 a permeabilidade absoluta do meio, determine o módulo do vetor indução magnética que o disco cria em seu centro.



Resolução:



Área total: πR^2
Área do anel de largura elementar: $2\pi r\,\Delta r$
Carga total: **Q**
Carga do anel: **q**
Como a carga é proporcional à área:

$$\frac{q}{Q} = \frac{2\pi r\,\Delta r}{\pi R^2} \Rightarrow q = \frac{2Q\,r\,\Delta r}{R^2}$$

A intensidade da corrente elétrica gerada por **q**, considerando um período **T**, é dada por:

$$i = \frac{q}{T} = \frac{2Q\,r\,\Delta r}{T\,R^2} = \frac{2Q\,r\,\Delta r}{\frac{2\pi}{\omega}\cdot R^2} = \frac{Q\,\omega\,r\,\Delta r}{\pi R^2}$$

A intensidade do campo magnético gerado pelo anel, em seu centro, é:

$$B = \frac{\mu_0\,i}{2r} = \frac{\mu_0\,\frac{Q\,\omega\,r\,\Delta r}{\pi R^2}}{2r} = \frac{\mu_0\,Q\,\omega}{2\pi R^2}\,\Delta r$$

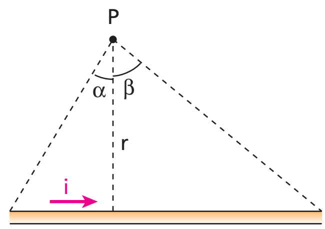
Então:

$$B_{total} = \Sigma B = \Sigma\,\frac{\mu_0\,Q\,\omega}{2\pi R^2}\,\Delta r = \overbrace{\frac{\mu_0\,Q\,\omega}{2\pi R^2}}^{\text{constante}}\;\overbrace{\Sigma\,\Delta r}^{R} \Rightarrow B_{total} = \frac{\mu_0\,Q\,\omega}{2\pi R^2}\,R$$

$$B_{total} = \frac{\mu_0\,Q\,\omega}{2\pi R}$$

Resposta: $\dfrac{\mu_0\,Q\,\omega}{2\pi R}$

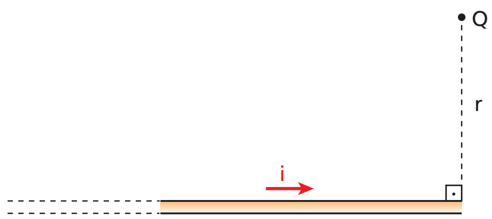
56 Considere um fio condutor retilíneo, de **comprimento finito**, e um ponto **P** situado a uma distância **r** desse fio, como mostra a figura.



Usando cálculo integral, demonstra-se que a intensidade do vetor indução magnético criado por esse fio, no ponto **P**, é dada por:

$$\boxed{B = \frac{\mu\,i}{4\pi r}(\text{sen}\,\alpha + \text{sen}\,\beta)}$$

a) Mostre que a expressão fornecida irá se alterar para $B = \dfrac{\mu\,i}{2\pi r}$, se o comprimento do fio for infinito.
b) Considere agora um condutor retilíneo que se estenda infinitamente apenas para a esquerda.



Usando a expressão fornecida no enunciado, mostre que, no ponto **Q**, vale a expressão $B = \dfrac{1}{2}\cdot\dfrac{\mu\,i}{2\pi r}$.

Resolução:

a) Nesse caso, $\alpha = \beta = 90°$ e $\text{sen}\,\alpha = \text{sen}\,\beta = 1$:

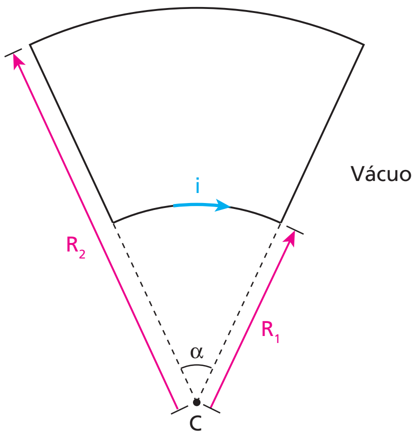
$$B = \frac{\mu\,i}{4\pi r}(1+1) \Rightarrow B = \frac{\mu\,i}{2\pi r}$$

b) Agora temos $\alpha = 90°$ e $\beta = 0°$. Então, $\text{sen}\,\alpha = 1$ e $\text{sen}\,\beta = 0$:

$$B = \frac{\mu\,i}{4\pi r}(1+0) \Rightarrow B = \frac{\mu\,i}{4\pi r} = \frac{1}{2}\cdot\frac{\mu\,i}{2\pi r}$$

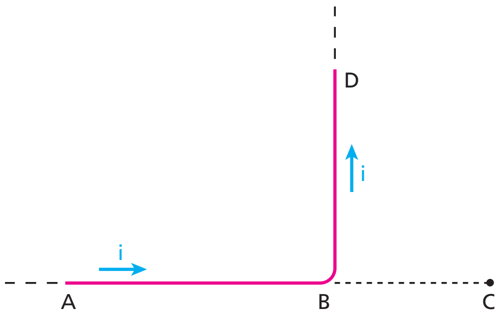
Respostas: a) Ver demonstração; b) Ver demonstração.

57 A espira condutora plana da figura tem dois trechos retilíneos e dois trechos circulares de centro em **C** e é percorrida por corrente de intensidade **i**.



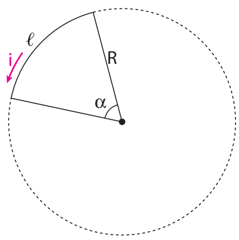
Sendo μ_0 a permeabilidade magnética do vácuo, determine a intensidade do vetor indução magnética criado pela espira no ponto **C** (o ângulo **α** é medido em radianos).

Dado: O trecho retilíneo (AB) de um fio percorrido por corrente elétrica não cria campo magnético em um ponto (**C**) **alinhado a ele**.



Resolução:

Revendo a aplicação da Lei de Bio-Savart-Laplace na determinação da intensidade B_{espira} do vetor indução magnética no centro de uma espira circular, percebemos que um trecho da espira cria naquele ponto um vetor indução de intensidade B_{trecho}, proporcional ao comprimento ℓ do trecho. Assim, sendo 2π R o comprimento total da espira, temos:



$$\frac{B_{trecho}}{\ell} = \frac{B_{espira}}{2\pi R}$$

$$B_{trecho} = B_{espira} \cdot \frac{\ell}{2\pi R}$$

Como $\frac{\ell}{R} = \alpha$ (em radianos), podemos escrever:

$$B_{trecho} = B_{espira} \cdot \frac{\alpha}{2\pi} = \frac{\mu_0 i}{2R} \cdot \frac{\alpha}{2\pi} = \frac{\mu_0 i \alpha}{4\pi R}$$

Vamos, então, à resolução do exercício.

Os trechos retilíneos não criam vetor indução em **C**. O trecho circular de raio R_1 cria em **C** um vetor indução de intensidade B_1 e sentido entrando no papel:

$$B_1 = \frac{\mu_0 i \alpha}{4\pi R_1}$$

O trecho circular de raio R_2 cria em **C** um vetor indução de intensidade B_2 e sentido saindo do papel:

$$B_2 = \frac{\mu_0 i \alpha}{4\pi R_2}$$

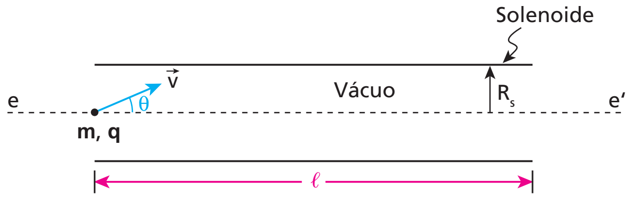
Então, a intensidade do vetor indução resultante em **C** é dada por:

$$B = B_1 - B_2 \Rightarrow B = \frac{\mu_0 i \alpha}{4\pi}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

Resposta: $\frac{\mu_0 i \alpha}{4\pi}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$

58 Uma partícula, de massa **m**, carga elétrica positiva **q** e peso desprezível, penetra com velocidade $\vec{v}$ no interior de um solenoide de comprimento $\boldsymbol{\ell}$ e raio R_s, constituído de **n** espiras justapostas.

Na entrada do solenoide, a partícula cruza seu eixo ee', de modo que o ângulo entre $\vec{v}$ e esse eixo é **θ**, como mostra a figura a seguir:



A permeabilidade magnética do meio é μ_0 e o campo magnético no interior do solenoide é considerado rigorosamente uniforme.

a) Supondo que a partícula **não** colida com a parede interna do solenoide, responda:
   1. Qual é a forma de sua trajetória?
   2. Qual deve ser a intensidade **i** da corrente elétrica no solenoide para que a partícula complete **N** voltas até sair dele?

b) Determine **θ**, em função de **N**, R_s e $\boldsymbol{\ell}$, para que a partícula não colida com a parede interna do solenoide.

Resolução:

a) 1. Como sabemos, a trajetória da partícula tem forma de hélice cilíndrica.

2. A cada período **T**, a partícula avança um passo **p** da hélice cilíndrica, em movimento uniforme:

$$p = v \cdot \cos\theta \cdot T = v \cdot \cos\theta \cdot \frac{2\pi m}{q B} = \frac{2\pi m v \cdot \cos\theta}{q B}$$

Devemos ter:

$$L = N p$$

$$L = N \cdot \frac{2\pi m v \cdot \cos\theta}{q B} \Rightarrow B = \frac{N 2\pi m v \cdot \cos\theta}{q L} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mu_0 = \frac{n}{L} i = \frac{N 2\pi m v \cdot \cos\theta}{q L} \Rightarrow \boxed{i = \frac{N 2\pi m v \cdot \cos\theta}{\mu_0 n q}}$$

b) O raio **R** da hélice cilíndrica deve ser menor que R_s:

$$R < R_s \Rightarrow \frac{m v \cdot \operatorname{sen}\theta}{q B} < R_s \Rightarrow \frac{m v \cdot \operatorname{sen}\theta}{q \frac{\mu_0 n i}{L}} < R_s \Rightarrow$$

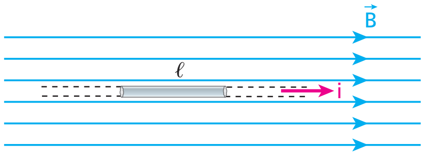
$$\Rightarrow \frac{L m v \cdot \operatorname{sen}\theta}{\mu_0 q n \frac{N 2\pi m v \cdot \cos\theta}{\mu_0 n q}} < R_s \Rightarrow \boxed{\operatorname{tg}\theta < \frac{2\pi N R_s}{L}}$$

Respostas: a) 1. Hélice cilíndrica; 2. $\frac{N 2\pi m v \cdot \cos\theta}{\mu_0 n q}$;
b) $\operatorname{tg}\theta < \frac{2\pi N R_s}{L}$

Tópico 3

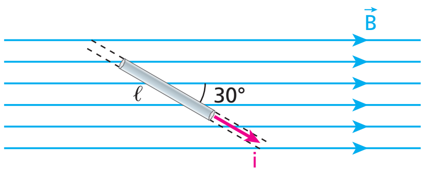
1 **E.R.** Um condutor retilíneo, percorrido por uma corrente elétrica de intensidade **i** igual a 2,0 A, está imerso em um campo magnético uniforme de intensidade **B**, igual a $2{,}0 \cdot 10^{-4}$ T. Determine a força magnética num trecho desse condutor, de comprimento ℓ igual a 0,20 m, nos seguintes casos:

a)



b)

c)



Resolução:

A intensidade da força magnética que atua num trecho do condutor é dada por:

$$F_m = B\, i\, \ell \operatorname{sen} \theta$$

em que θ é o menor ângulo formado pelo condutor, orientado no sentido da corrente, e pelo vetor $\vec{B}$.

A direção dessa força é perpendicular ao plano determinado pelo condutor e pelo vetor $\vec{B}$ e seu sentido é dado pela regra da mão direita espalmada.

a) Nesse caso, o ângulo θ é igual a zero.

Como sen 0° = 0: $\boxed{\vec{F}_m = \vec{0}}$

b) Agora, o ângulo θ é igual a 90°.

Fazendo $B = 2{,}0 \cdot 10^{-4}$ T, $i = 2{,}0$ A, $\ell = 0{,}20$ m e $\operatorname{sen}\theta = \operatorname{sen} 90° = 1$, obtemos:

$$F_m = 2{,}0 \cdot 10^{-4} \cdot 2{,}0 \cdot 0{,}20 \cdot 1$$

$$\boxed{F_m = 8{,}0 \cdot 10^{-5}\ \text{N}}$$

Essa força é perpendicular ao plano da figura e tem sentido "entrando" nesse plano: $\otimes \vec{F}_m$.

c) Nessa situação, θ é igual a 30°.

Como $\operatorname{sen} 30° = \frac{1}{2}$, temos:

$$F_m = 2{,}0 \cdot 10^{-4} \cdot 2{,}0 \cdot 0{,}20 \cdot \frac{1}{2}$$

$$\boxed{F_m = 4{,}0 \cdot 10^{-5}\ \text{N}}$$

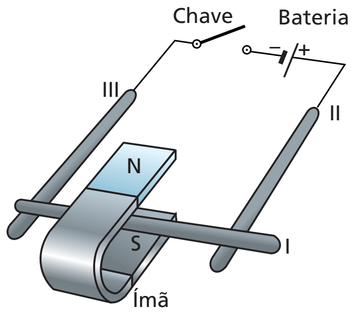
A força, nesse caso, é perpendicular ao plano da figura e tem sentido "saindo" desse plano: $\odot \vec{F}_m$.

2 Na figura a seguir, as hastes I, II e III são condutoras, mas apenas a haste I submete-se ao campo do ímã.

Determine se o condutor I é empurrado para dentro ou para fora do ímã, nos seguintes casos:

a) fechando-se a chave;

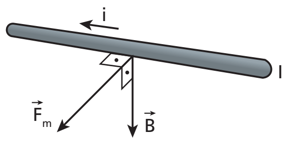
b) invertendo-se a polaridade da bateria e fechando-se a chave.



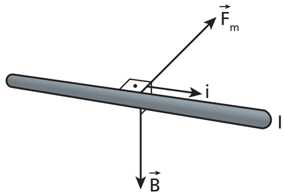
Resolução:

Usando a regra da mão direita espalmada:

a)



b)



Respostas: a) Para dentro; b) para fora

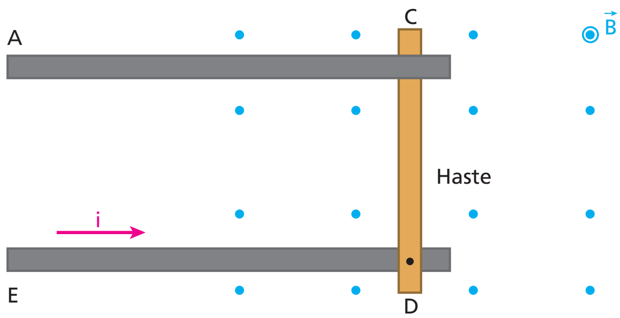
3 No rotor de um motor elétrico, os fios conduzem uma corrente de 5 A e dispõem-se perpendicularmente a um campo de indução magnética, suposto uniforme, de módulo constante e igual a 1 T. Determine o módulo da força magnética atuante em cada centímetro de fio.

Resolução:

$F_m = B\, i\, \ell \operatorname{sen}\theta = (1) \cdot (5) \cdot (1 \cdot 10^{-2}) \cdot (1) \Rightarrow \boxed{F_m = 5 \cdot 10^{-2}\ \text{N}}$

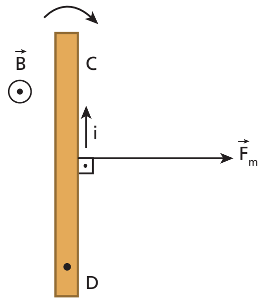
Resposta: $5 \cdot 10^{-2}$ N

4 Na figura a seguir, dois condutores paralelos, AC e ED, são interligados por meio de uma haste também condutora, que pode girar no plano da figura em torno do ponto **D**. Na região em que se situa a haste, existe um campo magnético perpendicular ao plano dos condutores e apontando para o leitor:



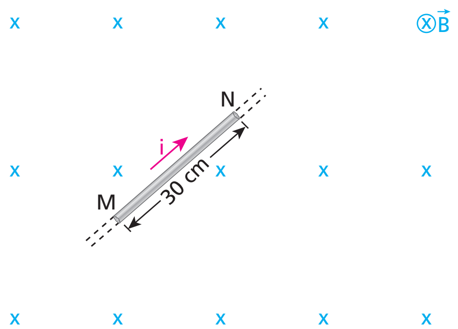
Se uma corrente elétrica de intensidade **i** percorrer os três condutores no sentido indicado, a tendência da haste será:
a) manter-se na posição inicial;
b) girar no sentido horário;
c) girar no sentido anti-horário;
d) subir;
e) descer.

Resolução:



Resposta: b

5 A figura representa um fio retilíneo estendido no plano do papel, percorrido por corrente elétrica de intensidade **i** igual a 5,0 A no sentido indicado, imerso em um campo magnético uniforme de intensidade constante e igual a 0,50 T. Caracterize a força que atua no trecho MN do fio, de comprimento 30 cm, devida ao campo citado.



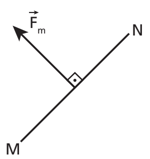
Resolução:

$F_m = B\,i\,\ell\,\text{sen}\,\theta = (0{,}50) \cdot (5{,}0) \cdot (30 \cdot 10^{-2}) \cdot (1)$

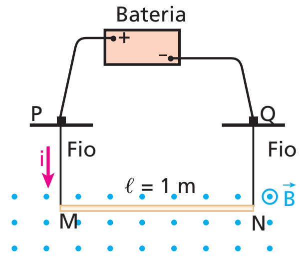
$\boxed{F_m = 0{,}75\ \text{N}}$

A orientação da força é dada pela regra da mão direita espalmada.

Resposta: Intensidade: 0,75 N;
Direção: perpendicular a $\vec{B}$ e ao fio;
Sentido:



6 E.R. A barra condutora MN, cilíndrica e homogênea, de 200 N de peso e 1 m de comprimento, é suspensa por fios condutores leves e flexíveis aos pontos **P** e **Q**. A barra, disposta horizontalmente, é percorrida por uma corrente elétrica de intensidade **i** igual a 100 A no sentido indicado e encontra-se num campo magnético uniforme e horizontal de intensidade constante e igual a 2 T, perpendicular à barra.



Supondo que apenas **a barra** se submeta ao citado campo:
a) calcule a intensidade da força magnética atuante na barra;
b) calcule a intensidade da tração em cada fio de suspensão;
c) qual seria a intensidade da tração em cada fio, se a barra fosse disposta paralelamente ao campo magnético?

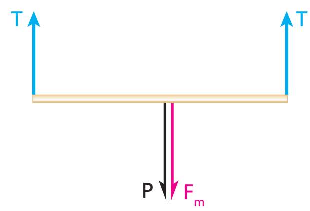
Resolução:
a) A intensidade da força magnética atuante na barra é dada pela expressão:

$$F_m = B\,i\,\ell\,\text{sen}\,\theta$$

Sendo $B = 2$ T, $i = 100$ A, $\ell = 1$ m e $\text{sen}\,\theta = \text{sen}\,90° = 1$, temos:

$$F_m = 2 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{F_m = 2 \cdot 10^2\ \text{N}}$$

b) Pela regra da mão direita espalmada, concluímos que a força magnética na barra é vertical e para baixo. Como o campo magnético é uniforme, essa força deve ser posicionada no centro da barra (simetria).
Na barra atuam ainda as duas forças de tração e o peso, este posicionado também no centro da barra, por ela ser cilíndrica e homogênea. As duas forças de tração têm a mesma intensidade **T**, o que também pode ser justificado pela situação de simetria.



Do equilíbrio da barra, temos:

$$T + T = P + F_m \Rightarrow 2\,T = 200 + 200$$

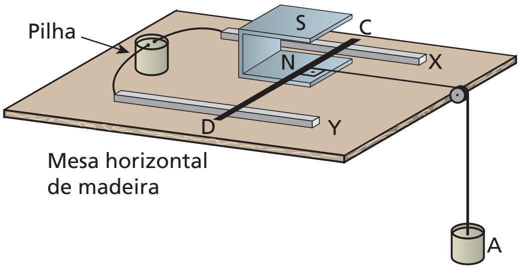
$$\boxed{T = 2 \cdot 10^2\ \text{N}}$$

c) Nesse caso, teríamos $F_m = 0$, pois o ângulo **θ** seria igual a 0° ou 180° e sen 0° = sen 180° = 0.
Assim, no equilíbrio:

$$T + T = P \Rightarrow 2\,T = 200$$

$$\boxed{T = 1 \cdot 10^2\ \text{N}}$$

7 Na figura a seguir, o condutor CD está em repouso, apoiado em duas barras condutoras fixas **X** e **Y**. Despreze atritos.



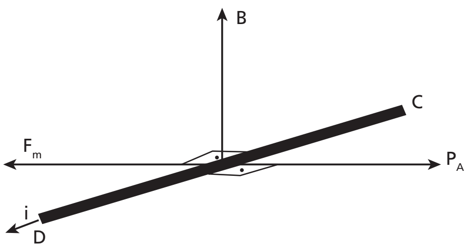
O módulo do vetor indução magnética entre os polos do ímã é B = 1 T e o comprimento da parte do condutor imersa no campo é ℓ = 10 cm. Sabendo que o corpo **A** pesa 2 N e que o fio que o suspende ao condutor pode ser considerado ideal, determine:

a) o sentido da corrente no condutor;

b a intensidade dessa corrente.

Resolução:

a)

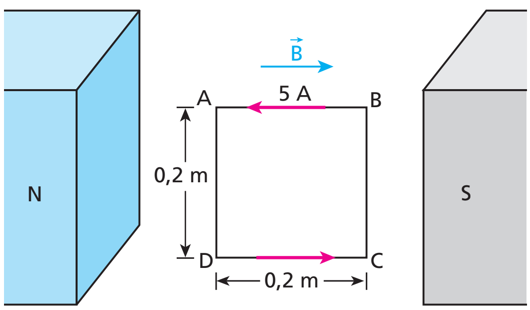


A corrente tem sentido de **C** para **D**.

b) $F_m = P_A \Rightarrow B\,i\,\ell = P_A \Rightarrow 1 \cdot i \cdot 0{,}10 = 2 \Rightarrow \boxed{i = 20\text{ A}}$

Respostas: a) de **C** para **D**; b) 20 A

8 Entre os polos magnéticos representados na figura, temos um campo magnético uniforme, com $B = 5 \cdot 10^{-2}$ T. Calcule a força magnética que atua em cada lado da espira condutora quadrada, percorrida por uma corrente de 5 A, quando disposta com seu plano paralelo às linhas de indução, como mostra a figura:



Resolução:

Temos que $F_m = B\,i\,\ell$ sen θ

No lado AB: $\theta = 180° \Rightarrow \boxed{F_{AB} = 0}$

No lado DC: $\theta = 0° \Rightarrow \boxed{F_{DC} = 0}$

Nos lados AD e BC: $\theta = 90°$

$F_m = B\,i\,\ell = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 0{,}2 \Rightarrow \boxed{F_{AD} = F_{BC} = 5 \cdot 10^{-2}\text{ N}}$

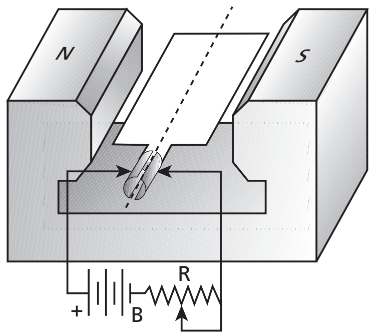
Respostas: $F_{AB} = 0$; $F_{DC} = 0$; $F_{AD} = F_{BC} = 5 \cdot 10^{-2}$ N

9 (UFPel-RS) A figura abaixo representa, esquematicamente, um motor elétrico elementar, ligado a uma bateria **B**, através de um reostato **R** (resistor variável).

a) Determine, na figura, a orientação do vetor campo magnético criado pelo ímã.

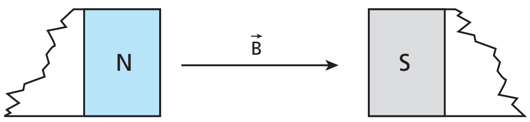
b) Qual o sentido de rotação do motor?

c) Qual deve ser o procedimento para aumentar o binário produzido pelo motor? Justifique.

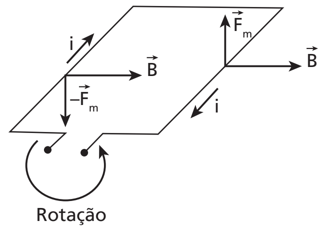


Resolução:

a)



b) Anti-horário, em relação ao leitor:



c) Diminuir a resistência do reostato de modo a aumentar a intensidade da corrente elétrica.

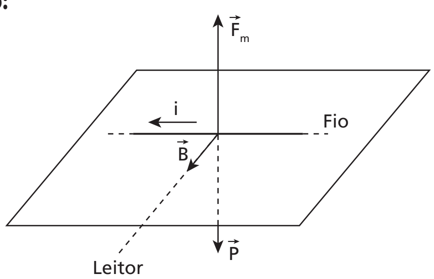
Respostas: a) $\xrightarrow{\vec{B}}$; b) Anti-horário, em relação ao leitor; c) Diminuir a resistência do reostato de modo que aumente a intensidade da corrente elétrica.

10 (UEL-PR) "Trem magnético japonês bate seu próprio recorde de velocidade (da Agência Lusa) — Um trem japonês que levita magneticamente, conhecido por **Maglev**, bateu hoje o seu próprio recorde de velocidade ao atingir 560 km/h durante um teste de via. O comboio de cinco vagões MLX01, cujo recorde anterior de 552 km/h fora alcançado em abril de 1999 com 13 pessoas a bordo, alcançou sua nova marca sem levar passageiros. O trem japonês fica ligeiramente suspenso da via pela ação de magnetos, o que elimina a redução de velocidade causada pelo atrito com os trilhos." (Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia>. Acesso em: 13 set. 2004.)

É possível deixar suspenso um corpo condutor criando uma força magnética contrária à força gravitacional que atua sobre ele. Para isso, o corpo deve estar imerso em um campo magnético e por ele deve passar uma corrente elétrica. Considere um fio condutor retilíneo como uma linha horizontal nesta folha de papel que você lê, que deve ser considerada estando posicionada com seu plano paralelo à superfície terrestre e à frente do leitor. Quais devem ser as orientações do campo magnético e da corrente elétrica, de modo que a força magnética resultante esteja na mesma direção e no sentido contrário à força gravitacional que atua sobre o fio? Ignore as ligações do fio com a fonte de corrente elétrica.

a) A corrente deve apontar para a esquerda ao longo do fio e o campo magnético deve estar perpendicular ao fio, apontando para o leitor.
b) A corrente deve apontar para a esquerda ao longo do fio e o campo magnético deve estar paralelo ao fio, apontando para a direita.
c) A corrente deve apontar para a direita ao longo do fio e o campo magnético deve estar perpendicular ao fio, apontando para fora do plano da folha.
d) A corrente deve apontar para a direita ao longo do fio e o campo magnético deve estar paralelo ao fio, apontando para a direita.
e) A corrente deve apontar para a esquerda ao longo do fio e o campo magnético deve estar perpendicular ao fio, apontando para dentro do plano da folha.

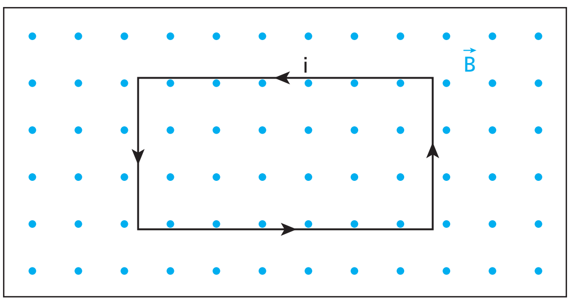
Resolução:



Plano horizontal que o leitor vê à sua frente (plano da folha)
Das alternativas propostas, a única possível é a **a**.

Resposta: a

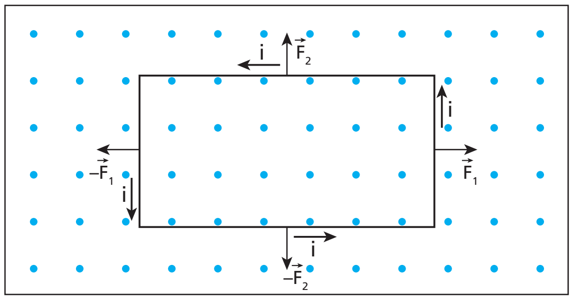
11 (ITA-SP) Uma espira retangular é colocada em um campo magnético com o plano da espira perpendicular à direção do campo, conforme mostra a figura.



Se a corrente elétrica flui no sentido mostrado, pode-se afirmar em relação à resultante das forças, e ao torque total em relação ao centro da espira, que:

a) A resultante das forças não é zero, mas o torque total é zero.
b) A resultante das forças e o torque total são nulos.
c) O torque total não é zero, mas a resultante das forças é zero.
d) A resultante das forças e o torque total não são nulos.
e) O enunciado não permite estabelecer correlações entre as grandezas consideradas.

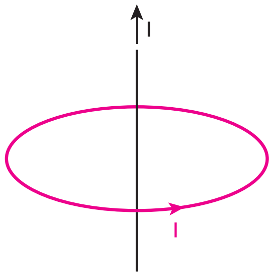
Resolução:



- A força magnética resultante na espira é **nula**.
- O torque total das forças magnéticas em relação ao centro da espira é **nulo** porque as linhas de ação de todas elas passam pelo centro.

Resposta: b

12 Um fio longo e reto é percorrido por uma corrente de intensidade **I**. Uma espira circular, também percorrida por corrente de intensidade **I**, é colocada em um plano perpendicular ao fio. O fio passa pelo centro da espira.

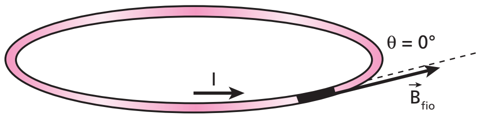


Devido ao campo magnético criado pelo fio:

a) a espira fica sujeita a um binário;
b) a espira não fica sujeita a força alguma;
c) a força resultante desloca a espira ao longo do fio, no sentido da corrente que o percorre;
d) a força resultante desloca a espira ao longo do fio, em sentido contrário ao da corrente que o percorre;
e) Nenhuma das proposições anteriores se aplica.

Resolução:

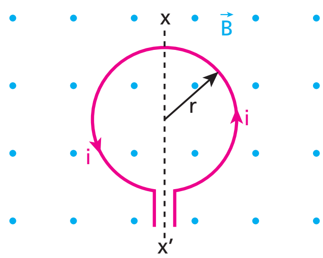
Em qualquer trecho elementar da espira, o ângulo **θ** é igual a zero:



Assim, a força magnética na espira é nula.

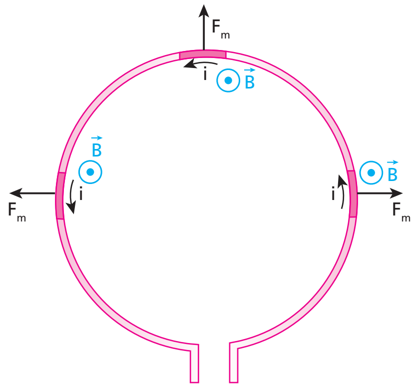
Resposta: b

13 Numa espira circular de raio **r**, situada no plano do papel, flui uma corrente elétrica de intensidade **i**. Essa espira está imersa em um campo magnético de indução $\vec{B}$, perpendicular ao plano do papel e dirigido para o leitor.



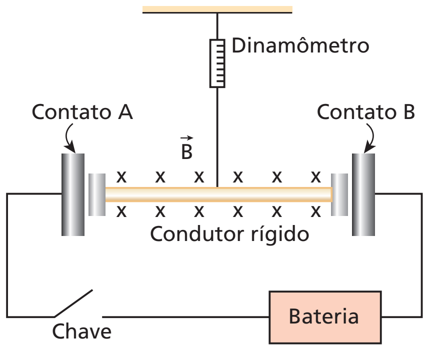
As forças que atuam na espira tendem a produzir nela:
a) um encolhimento;
b) um alargamento;
c) uma rotação no sentido horário, em torno do eixo xx';
d) uma rotação no sentido anti-horário, em torno do eixo xx';
e) uma rotação em torno de um eixo perpendicular ao papel.

Resolução:



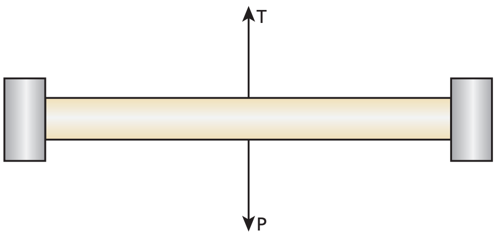
Resposta: b

14 (Unicamp-SP) Um fio condutor rígido de 200 g e 20 cm de comprimento é ligado ao restante do circuito por meio de contatos deslizantes sem atrito, como mostra a figura abaixo. O plano da figura é vertical. Inicialmente a chave está aberta. O fio condutor é preso a um dinamômetro e se encontra em uma região com campo magnético de 1,0 T, entrando perpendicularmente no plano da figura ($g = 10\ m/s^2$).



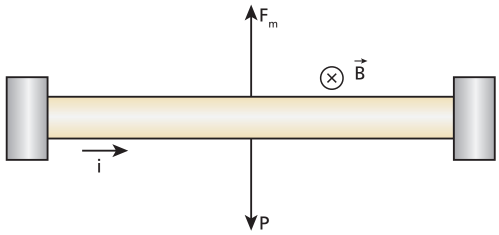
a) Calcule a força medida pelo dinamômetro com a chave aberta, estando o fio em equilíbrio.
b) Determine a direção e a intensidade da corrente elétrica no circuito após o fechamento da chave, sabendo-se que o dinamômetro passa a indicar leitura zero.
c) Calcule a tensão da bateria, sabendo-se que a resistência total do circuito é de 6,0 Ω.

Resolução:
a)



$T = P = m\,g = (200 \cdot 10^{-3}) \cdot (10)$
$T = 2{,}0\ N$

b)



$F_m = P = 2{,}0\ N$

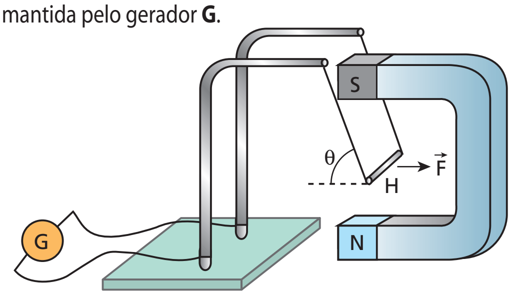
$F_m = B\,i\,\ell \Rightarrow i = \dfrac{F_m}{B\,\ell} = \dfrac{2{,}0}{(1{,}0) \cdot (20 \cdot 10^{-2})}$

i = 10 A, horizontal, da esquerda para a direita.

c) $\varepsilon = R_{eq}\,i = 6{,}0 \cdot 10$
$\varepsilon = 60\ V$

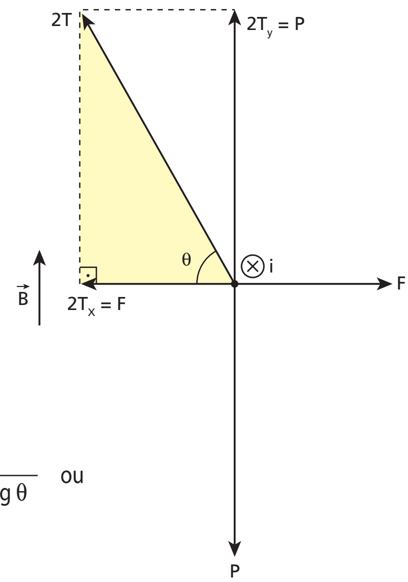
Respostas: a) 2,0 N; b) 10 A, horizontal, da esquerda para a direita; c) 60 V

15 (USF-SP) A força magnética $\vec{F}$ que mantém a haste metálica **H**, de peso **P** e comprimento **L**, em equilíbrio na posição indicada na figura abaixo, manifesta-se pela presença do campo magnético de módulo **B**, produzido pelo ímã, e da corrente elétrica que percorre a haste e que é mantida pelo gerador **G**.



Sendo **θ** o ângulo que os fios flexíveis formam com a horizontal, a intensidade de corrente no circuito é igual a:
a) $BLP(tg\theta)^{-1}$
b) $B(PLtg\theta)^{-1}$
c) $BL(Ptg\theta)^{-1}$
d) $P(BLtg\theta)^{-1}$
e) $L(BPtg\theta)^{-1}$

Resolução:



$tg\,\theta = \dfrac{2T_y}{2T_x} = \dfrac{P}{F}$

$F = B\,i\,L\,sen\,90° = B\,i\,L$

$tg\,\theta = \dfrac{P}{B\,i\,L} \Rightarrow i = \dfrac{P}{B\,L\,tg\,\theta}$ ou

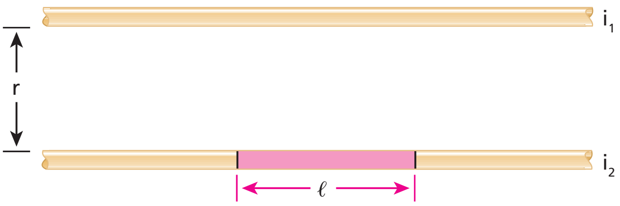
$i = P\,(B\,L\,tg\,\theta)^{-1}$

Resposta: d

16 E.R. Dois fios metálicos retilíneos, paralelos e muito longos distam 1,5 m entre si, no vácuo. Calcule a intensidade da força que age no comprimento ℓ = 2,0 m de um dos fios, quando em cada um deles circula uma corrente elétrica i = 0,51 A ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ unidades do SI). Determine ainda se essa força é de atração ou de repulsão.

Resolução:
A intensidade da força solicitada é calculada pela expressão:

$$F_m = \frac{\mu_0\, i_1\, i_2\, \ell}{2\pi\, r}$$



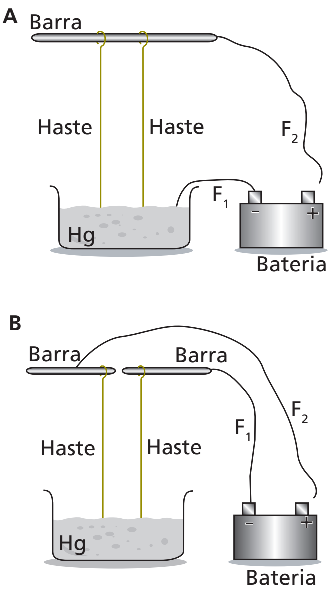
Sendo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$(SI), $i_1 = i_2 = 0{,}51$ A, $\ell = 2{,}0$ m e r = 1,5 m, calculamos F_m:

$$F_m = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0{,}51 \cdot 0{,}51 \cdot 2{,}0}{2\pi \cdot 1{,}5}$$

$$\boxed{F_m = 6{,}9 \cdot 10^{-8}\ \text{N}}$$

O enunciado não fornece a informação que permitiria concluir se a força é de atração ou de repulsão, isto é, o sentido de cada corrente. Assim, podemos dizer apenas que, se as correntes tiverem o mesmo sentido, a força será de atração e, se elas tiverem sentidos contrários, a força será de repulsão.

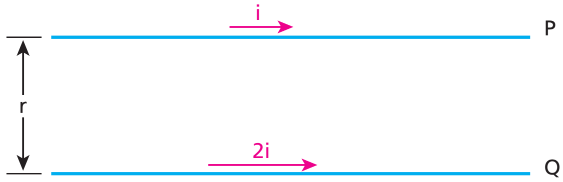
17 Nas ilustrações **A** e **B** a seguir, temos um recipiente contendo mercúrio (Hg), barras metálicas horizontais fixas e hastes também metálicas dependuradas nas barras e mergulhadas no mercúrio, sem tocar o fundo do recipiente. Em **A**, o fio condutor F_1 está em contato com o mercúrio. Já em **B**, o fio F_1 está ligado a uma das barras.
Considerando, em cada caso, uma haste bem perto da outra, determine o tipo de interação observado entre elas (atração ou repulsão) quando o fio condutor F_2 é conectado ao polo positivo da bateria.



Resolução:
Em **A**, as hastes **se atraem** porque são percorridas por correntes elétricas de mesmo sentido (de cima para baixo). Em **B**, elas **se repelem** porque são percorridas por correntes de sentidos contrários.

Resposta: Em A: atração; em B: repulsão

18 A figura a seguir representa trechos **P** e **Q**, de mesmo comprimento, de dois longos fios retilíneos dispostos paralelamente um ao outro e percorridos por correntes elétricas de intensidades constantes respectivamente iguais a **i** e **2i**, nos sentidos indicados.



O trecho **Q** submete-se a um campo magnético $\vec{B}_P$, criado pelo trecho **P**. O trecho **P**, por sua vez, submete-se a um campo magnético $\vec{B}_Q$, criado pelo trecho **Q**.
Devido a esses campos, no trecho **Q** atua uma força $\vec{F}_{PQ}$ e, no trecho **P**, atua uma força $\vec{F}_{QP}$.

São feitas as seguintes afirmações:

I. A intensidade de $\vec{B}_Q$ é maior que a de $\vec{B}_P$.
II. A intensidade de $\vec{F}_{QP}$ é maior que a de $\vec{F}_{PQ}$.
III. A intensidade de $\vec{F}_{QP}$ é igual à de $\vec{F}_{PQ}$.
IV. Os dois fios estão se atraindo.

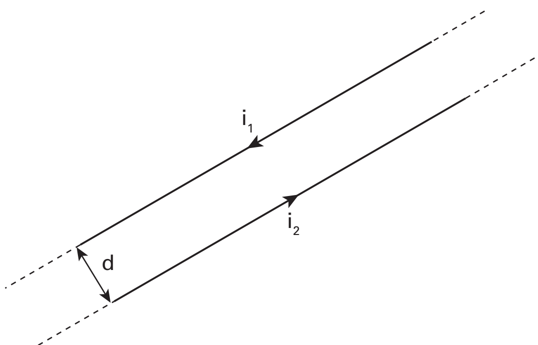
Quais dessas afirmações estão corretas?

Resolução:

I. Correta: $B_P = \dfrac{\mu\, i}{2\pi\, r}$ e $B_Q = \dfrac{\mu\, 2i}{2\pi\, r} \Rightarrow B_Q > B_P$.
II. Incorreta: pelo Princípio de Ação e Reação, $F_{Q_P} = F_{P_Q}$.
III. Correta.
IV. Correta: como as correntes têm o mesmo sentido, as forças magnéticas entre os fios são de atração.

Resposta: I, III e IV

19 (Puccamp-SP) Dois condutores retos, extensos e paralelos estão separados por uma distância d = 2,0 cm e são percorridos por correntes elétricas de intensidades $i_1 = 1{,}0$ A e $i_2 = 2{,}0$ A, com os sentidos indicados na figura abaixo.



Dado: permeabilidade magnética do vácuo = $4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{\text{Tm}}{\text{A}}$

Se os condutores estão situados no vácuo, a força magnética entre eles, por unidade de comprimento, no Sistema Internacional, tem intensidade de:

a) $2 \cdot 10^{-5}$, sendo de repulsão.
b) $2 \cdot 10^{-5}$, sendo de atração.
c) $2\pi \cdot 10^{-5}$, sendo de atração.
d) $2\pi \cdot 10^{-5}$, sendo de repulsão.
e) $4\pi \cdot 10^{-5}$, sendo de atração.

Resolução:

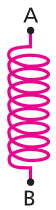
$$F_m = \frac{\mu\, i_1\, i_2\, \ell}{2\pi\, d} \Rightarrow \frac{F_m}{\ell} = \frac{\mu\, i_1\, i_2}{2\pi\, d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1{,}0 \cdot 2{,}0}{2\pi \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-2}}$$

$$\boxed{\frac{F_m}{\ell} = 2{,}0 \cdot 10^{-8}\ \text{N/m}}$$

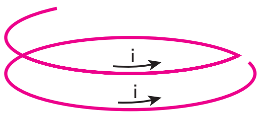
Como as correntes têm sentidos opostos, a força magnética é de repulsão.

Resposta: a

20 O que deverá acontecer com o comprimento da mola metálica, relaxada, indicada na figura, se suas extremidades **A** e **B** forem ligadas a uma bateria de automóvel por meio de fios condutores flexíveis e longos?



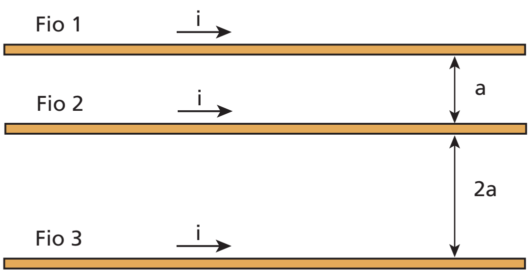
Resolução:



Haverá atração entre as espiras porque serão percorridas por correntes elétricas de mesmo sentido. Assim, o comprimento da mola deverá diminuir.

Resposta: Seu comprimento deve diminuir.

21 (UFPE) Três longos fios paralelos, de tamanhos iguais e espessuras desprezíveis, estão dispostos como mostra a figura e transportam correntes iguais e de mesmo sentido. Se as forças exercidas pelo fio 1 sobre o fio 2 e o fio 3 forem representadas por F_{12} e F_{13}, respectivamente, qual o valor da razão $\frac{F_{12}}{F_{13}}$?

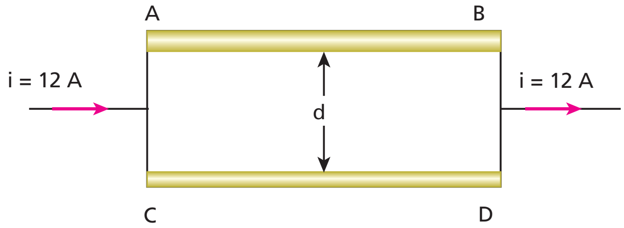


Resolução:

$$\frac{F_{12}}{F_{13}} = \frac{\dfrac{\mu\, i\, i\, \ell}{2\pi\, a}}{\dfrac{\mu\, i\, i\, \ell}{2\pi \cdot 3a}} = 3$$

Resposta: 3

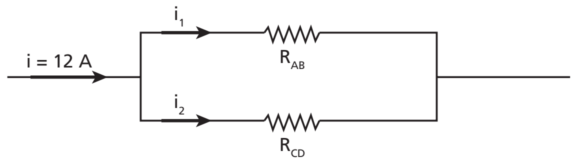
22 Na figura, AB e CD são dois condutores cilíndricos, maciços e longos feitos do mesmo material, separados pela distância **d** igual a 1,0 cm e situados no ar. A área da seção transversal de AB é o dobro da de CD, porém seus comprimentos são iguais. Esses condutores são associados em paralelo e atraem-se magneticamente. Calcule a intensidade da força magnética por metro de condutor, sendo $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}\,\frac{\text{Tm}}{\text{A}}$.



Resolução:

Lembrando que $R = \frac{\rho\,\ell}{A}$ e sendo $A_{AB} = 2\ A_{CD}$:

$$R_{AB} = \frac{R_{CD}}{2} \Rightarrow R_{CD} = 2\,R_{AB}$$



$R_{AB}\, i_1 = R_{CD}\, i_2 \Rightarrow R_{AB}\, i_1 = 2\, R_{AB}\, i_2$

$i_1 = 2i_2$

$$\left.\begin{array}{l} i_1 = 2i_2 \\ i_1 + i_2 = 12 \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} i_1 = 8\ \text{A} \\ i_2 = 4\ \text{A} \end{array}$$

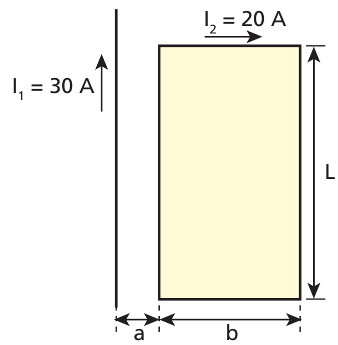
Temos que:

$$F = \frac{\mu\, i_1\, i_2\, \ell}{2\pi\, d} = \frac{4\pi\ \ 10^{-7} \cdot 8 \cdot 4 \cdot 1}{2\pi\ \ 1{,}0 \cdot 10^{-2}}$$

$F = 6{,}4 \cdot 10^{-4}$ N

Resposta: $6{,}4 \cdot 10^{-4}$ N

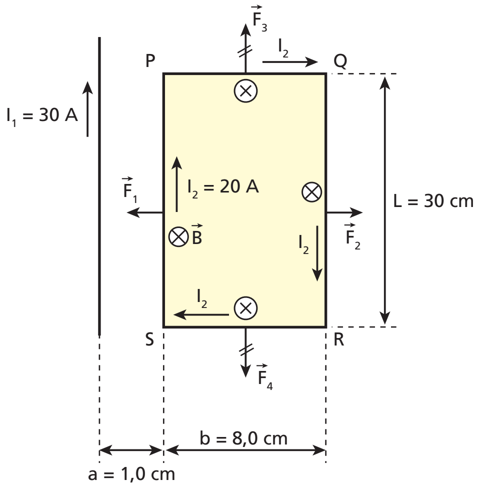
23 (Aman-RJ) A figura mostra um fio comprido conduzindo uma corrente elétrica de 30 A. Próximo a ele, disposta paralelamente no mesmo plano, há uma espira retangular pela qual circula uma corrente elétrica de 20 A, conforme o indicado na figura.



Dadas as medidas: **a** = 1,0 cm, **b** = 8,0 cm, **L** = 30 cm e $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T m/A.
A força magnética resultante, aplicada na espira, vale:

a) $1{,}60 \cdot 10^{-3}$ N
b) $1{,}80 \cdot 10^{-4}$ N
c) $3{,}20 \cdot 10^{-3}$ N
d) $2{,}40 \cdot 10^{-4}$ N
e) $2{,}20 \cdot 10^{-3}$ N

Resolução:



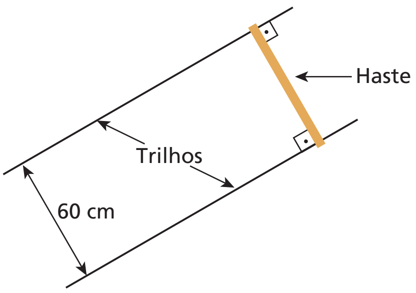
• $\vec{F}_3$ e $\vec{F}_4$ se equilibram porque as intensidades de $\vec{B}$ ao longo do lado PQ repetem-se ao longo do lado RS.
• A força magnética resultante $\vec{F}$ tem intensidade dada por:

$$F = F_1 - F_2 = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi a} - \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi (a+b)} = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi}\left(\frac{b}{a(a+b)}\right)$$

$$F = \frac{(4\pi \cdot 10^{-7}) \cdot (30) \cdot (20) \cdot (30 \cdot 10^{-2})}{2\pi} \cdot \left(\frac{8{,}0 \cdot 10^{-2}}{9{,}0 \cdot 10^{-4}}\right) \Rightarrow \boxed{F = 3{,}2 \cdot 10^{-3}\ N}$$

Resposta: c

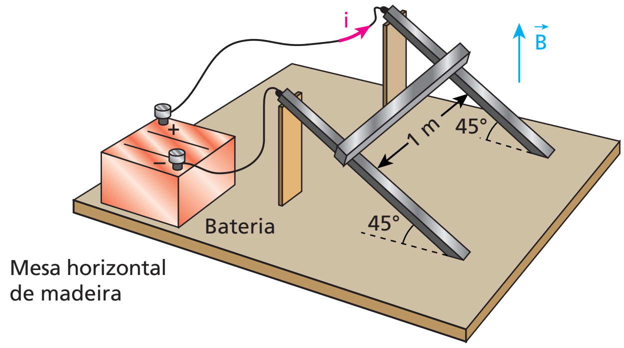
24 (Faap-SP) Sobre dois trilhos horizontais, distantes 60 cm um do outro, repousa uma haste de cobre de 300 g, colocada perpendicularmente a ambos. Calcule a indução magnética capaz de tornar iminente o movimento da haste, quando por ela passar uma corrente de 10 A. Os coeficientes de atrito estático e cinético entre a haste e os trilhos são, respectivamente, 0,5 e 0,4. Considere $g = 10\ m/s^2$ e o campo magnético perpendicular ao plano horizontal dos trilhos.



Resolução:
Para o movimento tornar-se iminente, é preciso que a intensidade da força magnética atinja o valor da força de atrito de destaque. Calculemos, então, o valor da indução magnética, que é vertical:
$B\, i\, \ell = \mu_e\, m\, g \Rightarrow B\, 10 \cdot 0{,}6 = 0{,}5 \cdot 0{,}3 \cdot 10$
$B = 0{,}25\ T$

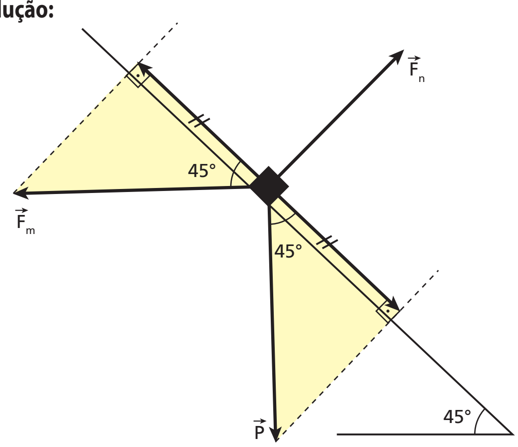
Resposta: 0,25 T

25 Uma barra metálica de 2 N de peso apoia-se sobre dois trilhos, também metálicos, que formam 45° com o plano horizontal. A distância entre os trilhos é de 1 m e suas extremidades superiores estão ligadas a uma bateria. Nessa região do espaço existe um campo magnético uniforme e vertical dirigido de baixo para cima e definido, em cada ponto, pelo vetor $\vec{B}$, de módulo igual a 0,5 tesla. O atrito é considerado nulo.



Calcule a corrente **i**, de modo que a barra permaneça em repouso, na posição indicada.

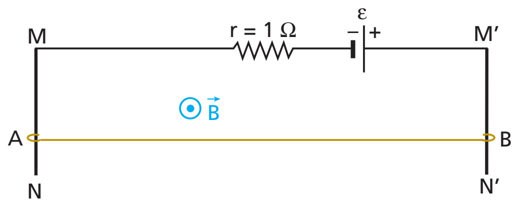
Resolução:



$F_m \cos 45° = P \cos 45° \Rightarrow F_m = P$
$B\, i\, \ell = P \Rightarrow 0{,}5\, i \cdot 1 = 2 \Rightarrow i = 4\ A$

Resposta: 4 A

26 No esquema da figura, a barra AB tem resistência R = 9 Ω, peso de módulo P = 20 N e comprimento ℓ = 1 m. Essa barra faz contato praticamente sem atrito com dois trilhos verticais MN e M'N', perfeitamente condutores. Perpendicularmente ao plano dos trilhos, existe um campo de indução magnética uniforme e constante de intensidade B = 0,5 T.



Sabendo que a barra AB mantém-se em repouso, determine a força eletromotriz **ε** do gerador.

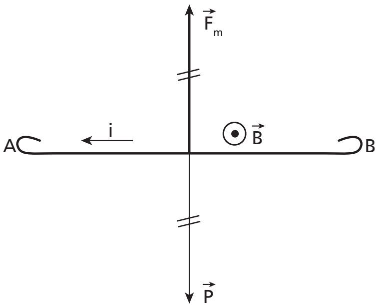
Resolução:
Para o condutor AB ficar em repouso, é preciso que a força magnética $\vec{F}_m$ equilibre seu peso $\vec{P}$.

Então:

$F_m = P$

$B\,i\,\ell\,\text{sen}\,\theta = P$

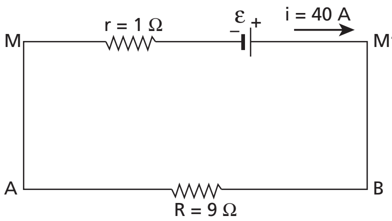
$$i = \frac{P}{B\,\ell\,\text{sen}\,\theta}$$



Como P = 20 N, B = 0,5 T, ℓ = 1 m e sen θ = sen 90° = 1, calculemos **i**:

$$i = \frac{20}{0{,}5 \cdot 1 \cdot 1} \Rightarrow i = 40\text{ A}$$

A situação esquematizada equivale, eletricamente, ao circuito a seguir:



Então:

$\varepsilon = (R + r)\,i$

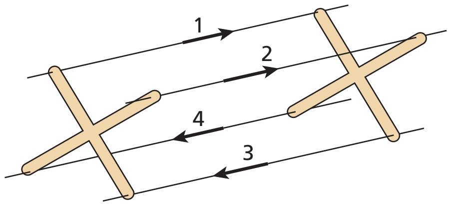
Fazendo R = 9 Ω, r = 1 Ω e i = 40 A, calculemos **ε**:

$\varepsilon = (9 + 1)\,40$

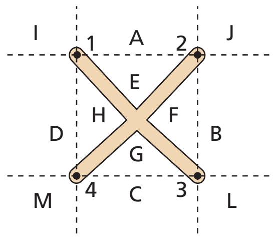
$\varepsilon = 4 \cdot 10^2\text{ V}$

Resposta: $4 \cdot 10^2$ V

27 (UFSCar-SP) Quatro fios, submetidos a correntes contínuas de mesma intensidade e sentidos indicados na figura, são mantidos separados por meio de suportes isolantes em forma de X, conforme a figura a seguir.



Observe as regiões indicadas:



Entre dois suportes, os fios 1, 2, 3 e 4 tendem a se movimentar, respectivamente, para as seguintes regiões do espaço:

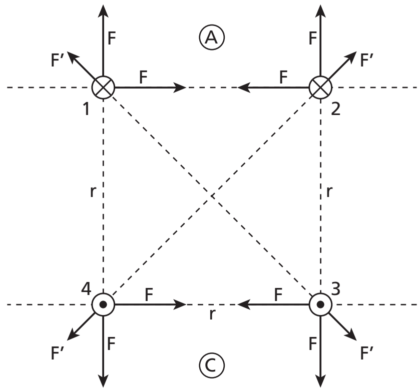
a) A; A; C; C.
b) E; E; G; G.
c) D; B; B; D.
d) A; B; C; E.
e) I; J; L; M.

Resolução:

Sendo **i** as intensidades das correntes, **ℓ** os comprimentos dos fios entre dois suportes e **r** as distâncias entre os fios **1** e **2**, **2** e **3**, **3** e **4** e **4** e **1**, a intensidade **F** das forças magnéticas trocadas por eles é dada por:

$$F = \frac{\mu\, i^2\, \ell}{2\pi\, r}$$

Entre os fios **1** e **3** e os fios **2** e **4**, as distâncias são iguais a $r\sqrt{2}$, e a intensidade **F'** das forças magnéticas trocadas por eles é igual a $\frac{F}{\sqrt{2}}$:



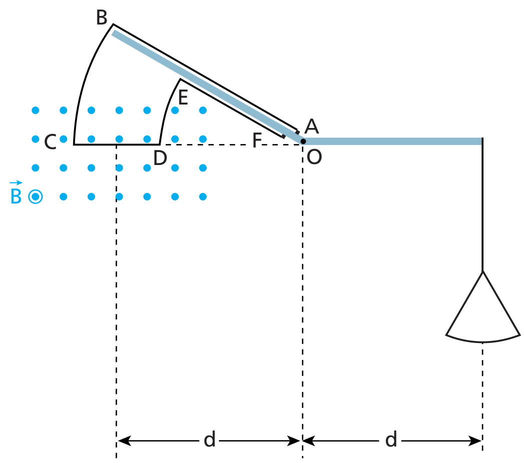
Analisando a força magnética resultante em cada fio, concluímos que os fios **1** e **2** tendem a se movimentar para a região **A** e os fios **3** e **4**, para a região **C**.

Resposta: a

28 Uma barra de material isolante, em forma de um "V", pode girar livremente em torno de um eixo que passa por **O**. Na extremidade direita da barra está suspenso um prato, em que poderão ser colocadas massas conhecidas.

Na parte esquerda da barra é fixado um fio condutor rígido ABCDEF, cujos terminais são **A** e **F**. Os trechos BC e DE do fio são arcos de circunferência com centros em **O**. A região CD desse fio, de comprimento 5,00 cm, está imersa em um campo magnético uniforme $\vec{B}$, perpendicular ao plano da figura e apontando para o leitor.

O sistema descrito, inicialmente em equilíbrio, permite medir a intensidade de $\vec{B}$. Para isso, usando fios muito flexíveis, que não perturbem o equilíbrio do sistema, ligamos os terminais **A** e **F** a um gerador em série com um medidor de corrente.

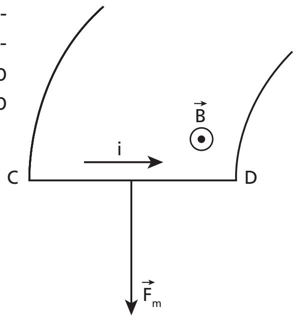


Suponha que o sentido da corrente em CD seja de **C** para **D** e que sua intensidade seja 10,0 A.

Estabelecida essa corrente, o sistema desequilibra-se, sendo necessário colocar uma massa de 15,0 g no prato para que o equilíbrio se restabeleça. Sendo $g = 9,80\ m/s^2$, calcule a intensidade de $\vec{B}$.

Resolução:

No trecho CD surge uma força magnética vertical para baixo, cuja intensidade deve ser igual à do peso do corpo colocado no prato para restabelecer o equilíbrio:



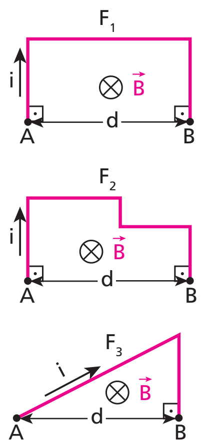
$F_m = P$

$B\ i\ \overline{CD} = m\ g \Rightarrow B = \dfrac{mg}{i\ \overline{CD}}$

$B = \dfrac{15,0 \cdot 10^{-3} \cdot 9,80}{10,0 \cdot 5,00 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow B = 0,294\ T$

Resposta: 0,294 T

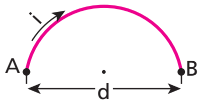
29 Considere três fios condutores, F_1, F_2 e F_3, situados no plano desta página, como representado na figura, todos percorridos por correntes constantes e de mesma intensidade **i**. A distância **d** entre os terminais **A** e **B** é igual para todos eles.



Os três fios estão imersos em um campo magnético uniforme e constante $\vec{B}$, perpendicular a este plano, com sentido para dentro dele.

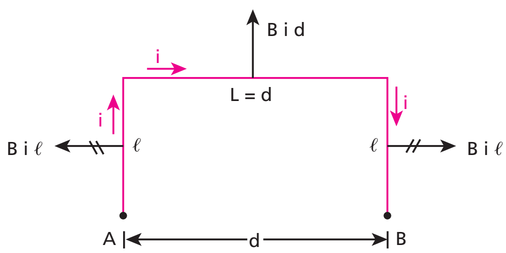
a) Determine as intensidades da força magnética resultante em cada fio.

b) Que intensidade você prevê para a força magnética em um quarto fio, nas mesmas condições dos outros três, mas com formato de uma semicircunferência?

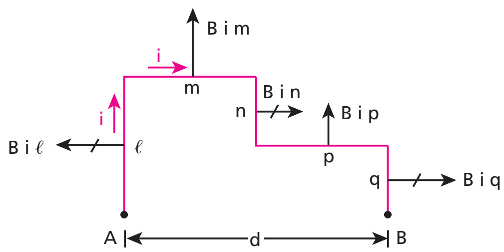


Resolução:

a) F_1:



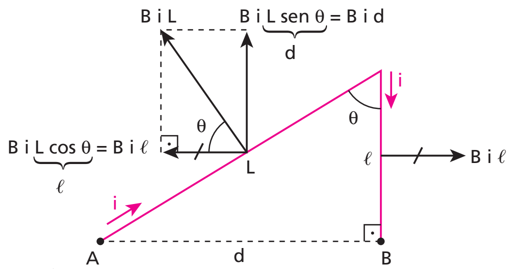
F_2:



$B\,i\,n + B\,i\,q = B\,i\,(n + q) = B\,i\,\ell$

$B\,i\,m + B\,i\,p = B\,i\,(m + p) \Rightarrow F_m = B\,i\,d$

F_3:

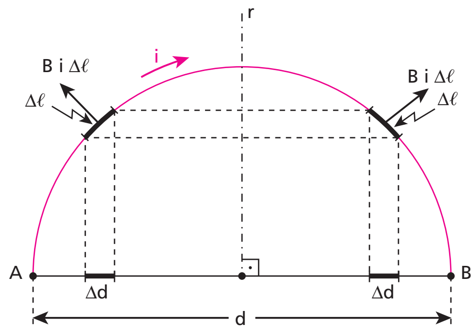


$\cos\theta = \dfrac{\ell}{L} \Rightarrow \ell = L\cos\theta$

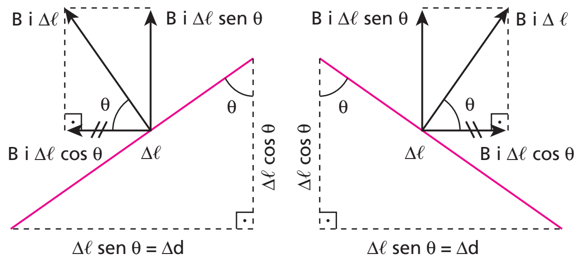
$\text{sen}\,\theta = \dfrac{d}{L} \Rightarrow d = L\,\text{sen}\,\theta$

Então: $F_m = B\,i\,d$

b) Consideremos trechos elementares do fio, de comprimentos iguais a $\Delta\ell$, e simétricos em relação à reta **r**:



Para uma melhor vizualização, vamos ampliar esses trechos:



Por simetria, as componentes de intensidades $B\,i\,\Delta\ell\cos\theta$ se equilibram.

Então:

$F_m = \Sigma\, B\,i\,\underbrace{\Delta\ell\,\text{sen}\,\theta}_{\Delta d} = B\,i\,\Sigma\,\Delta d$

$F_m = B\,i\,d$

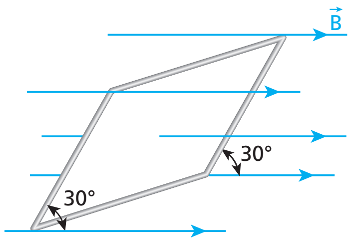
Respostas: a) B i d nos três fios ; b) B i d

Tópico 4

1 **E.R.** Uma espira retangular de 10 cm de largura por 30 cm de comprimento é colocada, totalmente imersa, em um campo de indução magnética uniforme e constante, de módulo igual a 2,0 T. As linhas de indução formam um ângulo de 30° com o plano da espira. Calcule:

a) o fluxo do vetor indução magnética concatenado com a espira;

b) o fluxo citado, supondo o plano da espira perpendicular às linhas de indução e admitindo que a espira continue totalmente imersa no campo.



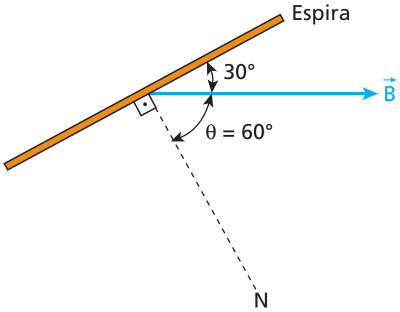
Resolução:

a) O fluxo de indução é dado pela expressão:

$$\phi = B\,A\cos\theta$$

em que **θ** é o ângulo formado entre as linhas de indução e a reta normal ao plano da espira.

Vamos traçar, então, uma reta normal à espira e olhar a espira de perfil:



Temos, portanto, θ = 60º.

Vamos calcular a área **A** da espira:

$$A = \text{comprimento} \cdot \text{largura}$$
$$A = (30 \cdot 10^{-2}) \cdot (10 \cdot 10^{-2})$$
$$A = 3{,}0 \cdot 10^{-2}\ m^2$$

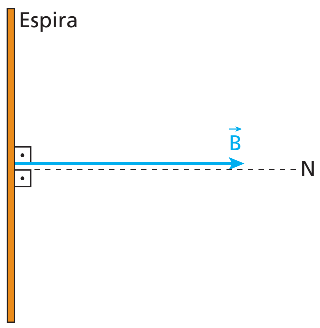
Fazendo $B = 2{,}0$ T, $A = 3{,}0 \cdot 10^{-2}\ m^2$ e

$\cos\theta = \cos 60° = \frac{1}{2}$, determinamos **ϕ**:

$$\phi = 2{,}0 \cdot 3{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\boxed{\phi = 3{,}0 \cdot 10^{-2}\ Wb}$$

b) Nesse caso, θ = 0°:



Fazendo $B = 2{,}0$ T, $A = 3{,}0 \cdot 10^{-2}\ m^2$ e $\cos\theta = \cos 0° = 1$ na expressão do fluxo, obtemos:

$$\phi = 2{,}0 \cdot 3{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \quad \Rightarrow \quad \boxed{\phi = 6{,}0 \cdot 10^{-2}\ Wb}$$

2 Uma espira quadrada de 20 cm de lado está totalmente imersa em um campo de indução magnética uniforme e constante, de intensidade 4,0 T. Calcule o fluxo de indução através dessa espira, nos seguintes casos:

a) o plano da espira é perpendicular às linhas de indução;

b) o plano da espira é paralelo às linhas de indução.

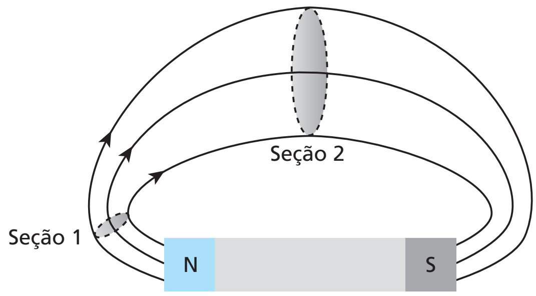
Resolução:

a) $\phi = B\,A\cos\theta = (4{,}0) \cdot (20 \cdot 10^{-2})^2 \cdot \cos 0° \Rightarrow \boxed{\phi = 0{,}16\ Wb}$

b) $\phi = 90° \Rightarrow \cos\theta = 0 \Rightarrow \boxed{\phi = 0}$

Respostas: a) 0,16 Wb; b) zero

3 A figura a seguir mostra um tubo de linhas de indução do campo magnético que um ímã gera fora dele:



Nas seções 1 e 2 desse tubo, compare:

a) os fluxos de indução magnética, ϕ_1 e ϕ_2;

b) as intensidades, B_1 e B_2, do vetor indução magnética.

Respostas: a) $\phi_1 = \phi_2$; b) $B_1 > B_2$

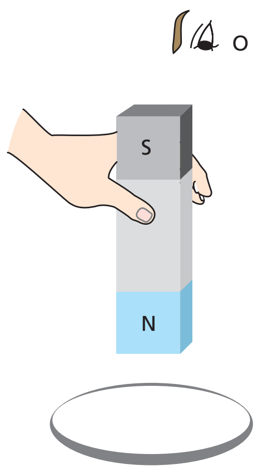
4 Um ímã em forma de barra reta, inicialmente em repouso em relação a uma espira circular, é abandonado acima dela e cai, atravessando-a.

Para o observador **O**, qual é o sentido da corrente induzida na espira:

a) enquanto o ímã está em repouso em relação a ela?

b) um pouco antes de o ímã começar a atravessá-la?

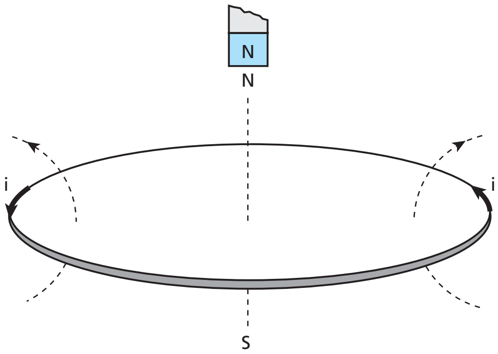
c) logo após a passagem completa do ímã através dela?



Resolução:

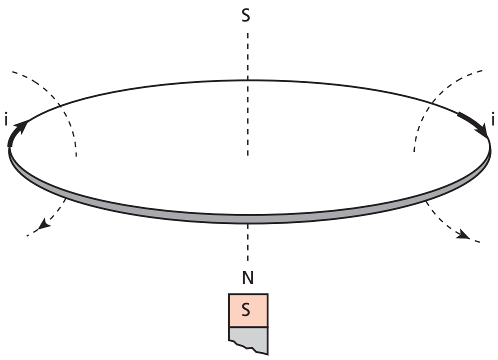
a) Não surge corrente induzida quando não há movimento relativo entre o ímã e a espira.

b)



A corrente induzida tem sentido anti-horário.

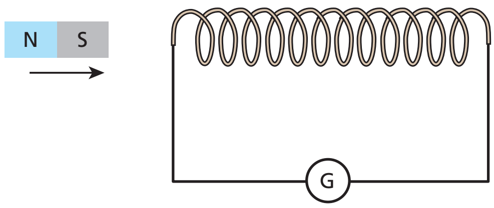
c)



A corrente induzida tem sentido horário.

Respostas: a) Não existe corrente induzida; b) Anti-horário; c) Horário

5 Na figura, o polo sul de um ímã aproxima-se velozmente de um solenoide, que se acha ligado em série a um galvanômetro:



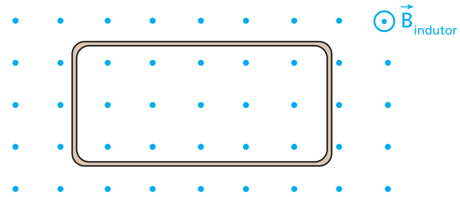
Durante essa aproximação:

a) o galvanômetro não indica passagem de corrente;
b) a extremidade do solenoide voltada para o ímã comporta-se como um polo norte magnético;
c) o galvanômetro detecta uma corrente de sentido variável periodicamente;
d) a extremidade do solenoide voltada para o ímã comporta-se como um polo sul magnético;
e) só passaria corrente no galvanômetro se o solenoide fosse dotado de núcleo de ferro.

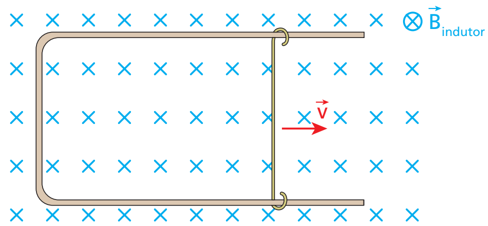
Resposta: d

6 E.R. Nas situações descritas a seguir, determine o sentido da corrente elétrica induzida.

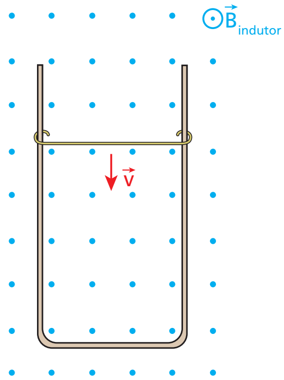
a) Uma espira condutora retangular fixa está em repouso, imersa em um campo magnético de intensidade crescente:



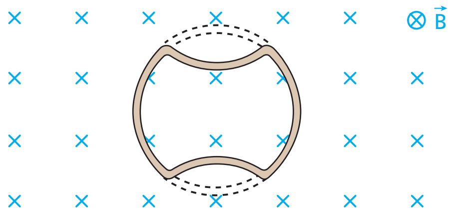
b) Dentro de um campo magnético uniforme e constante, uma haste condutora desliza, com velocidade $\vec{v}$, sobre um fio condutor fixo, dobrado em forma de **U**:



c) Dentro de um campo magnético uniforme e constante, uma haste condutora desliza, com velocidade $\vec{v}$, sobre um fio condutor fixo, dobrado em forma de **U**:

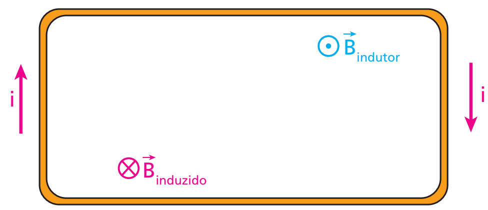


d) Uma espira condutora circular está sendo achatada dentro de um campo magnético uniforme e constante:

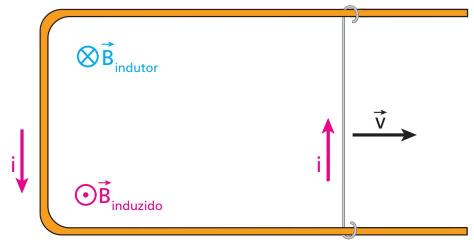


Resolução:

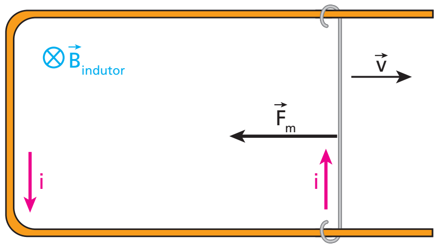
a) O fluxo indutor cresce "saindo do papel" e por isso a corrente induzida surge, criando um fluxo induzido "entrando no papel". Para que isso aconteça, a corrente deve circular no sentido horário:



b) A área da espira está aumentando. Então, como $\phi = B\,A$, concluímos que o fluxo indutor "entrando no papel" está aumentando. Para contrariar esse crescimento, a corrente induzida surge, criando um fluxo induzido "saindo do papel". Assim, a corrente deve circular no sentido anti-horário:

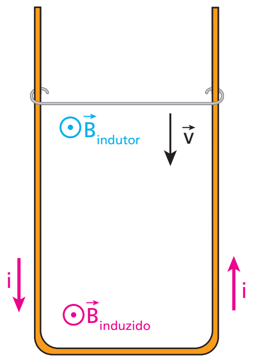


Comentário:
Poderíamos chegar ao mesmo resultado, de outra maneira: sempre que a variação de fluxo é causada por movimento, surge uma força magnética $\vec{F}_m$ oposta a esse movimento:

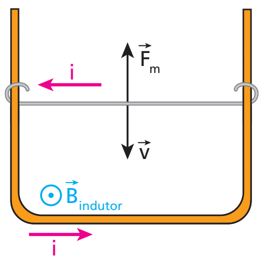


O sentido de **i** é dado, então, pela regra da mão direita espalmada.

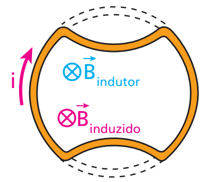
c) A área da espira está diminuindo e por isso o fluxo indutor "saindo do papel" também diminui. Para contrariar essa diminuição, a corrente induzida surge de modo que crie um fluxo induzido também "saindo do papel". Para isso, a corrente deve circular no sentido anti-horário.



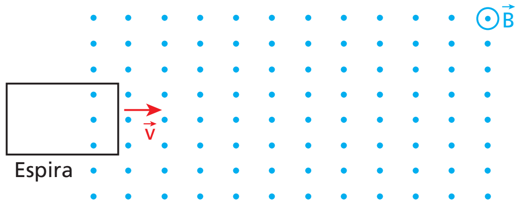
Comentário:
Usando a força magnética contrária ao movimento, obtemos o sentido de **i** pela regra da mão direita espalmada.



d) Como a área da espira está diminuindo, o fluxo indutor "entrando no papel" também diminui. Por isso, surge uma corrente induzida que gera um fluxo também "entrando no papel" e, para tanto, a corrente deve ter sentido horário.



7 Uma espira condutora retangular, situada no plano do papel, está penetrando em um campo magnético uniforme e constante, com velocidade $\vec{v}$, como indica a figura.

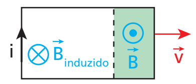


Em relação ao leitor, qual é o sentido da corrente induzida na espira:

a) enquanto ela está penetrando no campo, isto é, antes de estar totalmente dentro dele?
b) enquanto ela está totalmente dentro do campo?
c) quando a espira está saindo do campo?

Resolução:

a) A área da região da espira em que ocorre o fluxo está aumentando.



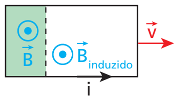
O fluxo indutor "saindo do papel" está aumentando $\Rightarrow$ fluxo induzido "entrando no papel".

$\boxed{\text{A corrente induzida tem sentido horário.}}$

b) A área onde ocorre o fluxo é constante.
Portanto, não há variação do fluxo indutor.

$\boxed{\text{Não há corrente induzida.}}$

c) A área onde ocorre o fluxo indutor está diminuindo.

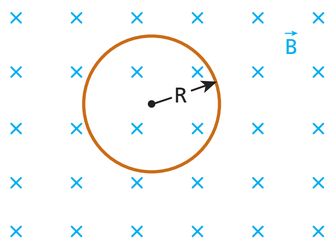


O fluxo indutor "saindo do papel" está diminuindo $\Rightarrow$ fluxo induzido "saindo do papel".

$\boxed{\text{A corrente induzida tem sentido anti-horário.}}$

Respostas: a) Horário; b) Não há corrente induzida; c) Anti-horário

8 Um anel metálico circular, de raio **R**, está imerso em uma região onde existe um campo de indução magnética uniforme $\vec{B}$, perpendicular ao plano da figura e apontando para dentro do papel:

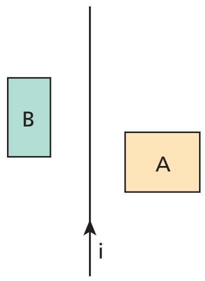


Determine o sentido da corrente elétrica induzida na espira (horário ou anti-horário, em relação ao leitor) quando a intensidade de $\vec{B}$:
a) crescer; b) decrescer; c) for constante.

Resolução:
a) O fluxo indutor cresce "entrando no papel". A corrente induzida tem sentido **anti-horário**, criando um fluxo induzido "saindo do papel".
b) O fluxo indutor "entrando no papel" diminui. A corrente induzida tem sentido **horário**, criando um fluxo induzido "entrando no papel".
c) Não há variação do fluxo indutor; portanto, a corrente induzida é nula.

Respostas: a) Anti-horário; b) horário; c) não há corrente induzida.

9 (ITA-SP) A figura a seguir representa um fio retilíneo pelo qual circula uma corrente de **i** ampères no sentido indicado. Próximo do fio existem duas espiras retangulares **A** e **B** planas e coplanares com o fio. Se a corrente no fio retilíneo está crescendo com o tempo, pode-se afirmar que:

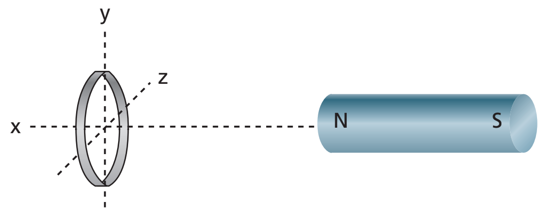


a) aparecem correntes induzidas em **A** e **B**, ambas no sentido horário.
b) aparecem correntes induzidas em **A** e **B**, ambas no sentido anti-horário.
c) aparecem correntes induzidas no sentido anti-horário em **A** e horário em **B**.
d) neste caso só se pode dizer o sentido da corrente induzida se conhecermos as áreas das espiras **A** e **B**.
e) o fio atrai as espiras **A** e **B**.

Resolução:
- Na espira **A**, está crescendo o fluxo indutor "entrando no papel". A corrente induzida tem sentido **anti-horário**, criando um fluxo induzido "saindo do papel".
- Na espira **B**, está crescendo o fluxo indutor "saindo do papel". A corrente induzida tem sentido **horário**, criando um fluxo induzido "entrando no papel".

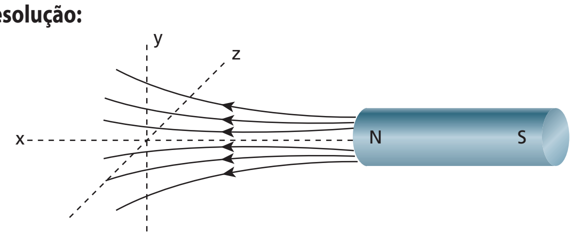
Resposta: c

10 (UFMG) A figura mostra um ímã e um aro metálico circular. O eixo do ímã (eixo **x**) é perpendicular ao plano do aro (plano **yz**) e passa pelo seu centro.



Não aparecerá corrente no aro, se ele apenas:
a) deslocar-se ao longo do eixo **x**.
b) deslocar-se ao longo do eixo **y**.
c) girar em torno do eixo **x**.
d) girar em torno do eixo **y**.

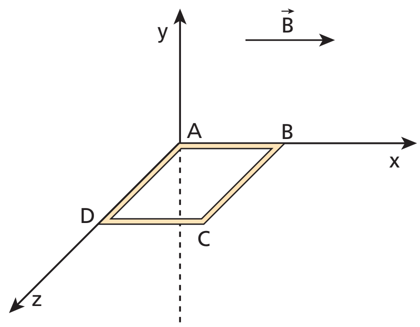
Resolução:



- Como $\vec{B}$ varia ao longo dos eixos **x**, **y** e **z**, o fluxo indutor através do aro variará se ele se deslocar na direção desses eixos e, consequentemente, surgirá nele uma corrente elétrica induzida.
  Essa variação de fluxo também pode ser percebida observando a variação da quantidade de linhas de indução através do aro.
- Se o aro girar em torno de **y** ou de **z**, a quantidade de linhas de indução através dele variará, surgindo então uma corrente induzida.
  Entretanto, se o aro girar em torno de **x**, a quantidade de linhas de indução através dele **não** variará e, portanto, **não** aparecerá no aro uma corrente induzida.

Resposta: c

11 (Unifesp-SP) A figura representa uma espira condutora quadrada, apoiada sobre o plano **xz**, inteiramente imersa num campo magnético uniforme, cujas linhas são paralelas ao eixo **x**.



Nessas condições, há dois lados da espira em que, se ela for girada tomando-os alternativamente como eixo, aparecerá uma corrente elétrica induzida. Esses lados são:
a) AB ou DC.
b) AB ou AD.
c) AB ou BC.
d) AD ou DC.
e) AD ou BC.

Resolução:
A quantidade de linhas de indução através da espira variará se ela girar em torno de um eixo passando pelo lado AD ou pelo lado BC.

Resposta: e

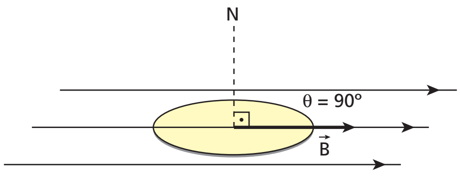
12 Um anel circular de raio $R = \dfrac{2,0}{\sqrt{\pi}}$ m é introduzido em um campo magnético uniforme, ficando totalmente imerso nele. Sendo $B = 1,5\ Wb/m^2$, calcule o fluxo de indução através do anel, nos seguintes casos:

a) quando o plano do anel é paralelo às linhas de indução;
b) quando o plano do anel é perpendicular às linhas de indução;
c) quando a normal ao plano do anel forma um ângulo $\boldsymbol{\theta}$ ($\cos\theta = 0,60$) com as linhas de indução.

Resolução:

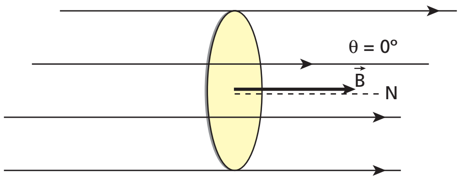
$\phi = B\ A \cos\theta$

a)



$\Rightarrow \boxed{\phi = 0}$

b)



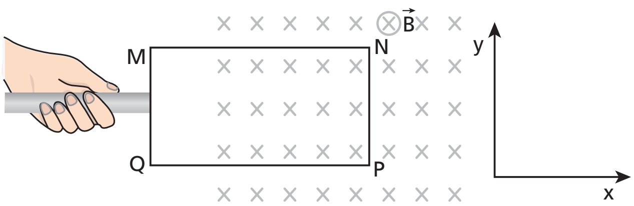
$\Rightarrow \phi = 1,5 \cdot \pi \cdot \left(\dfrac{2,0}{\sqrt{\pi}}\right)^2 \cdot 1$

$\boxed{\phi = 6,0\ Wb}$

c) $\phi = 1,5 \cdot \pi \left(\dfrac{2,0}{\sqrt{\pi}}\right)^2 \cdot 0,60 \Rightarrow \boxed{\phi = 3,6\ Wb}$

Respostas: a) 0; b) 6,0 Wb; c) 3,6 Wb

13 A figura representa uma espira retangular MNPQ parcialmente dentro de um campo magnético uniforme e constante $\vec{B}$, perpendicular ao plano da espira (plano xy) e entrando nele.



Tomando como referência os eixos **x** e **y** indicados, determine o sentido da força magnética atuante no lado NP da espira, se ela, mantida no plano xy, estiver:

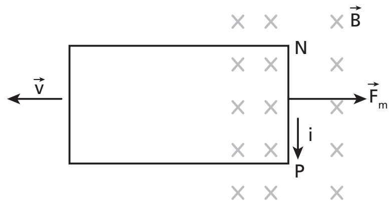
a) saindo do campo;
b) entrando no campo;
c) movendo-se no campo, já totalmente dentro dele.

Nota: Sempre que a variação de fluxo é causada por movimento, surge uma força magnética que se opõe a esse movimento.

Resolução:

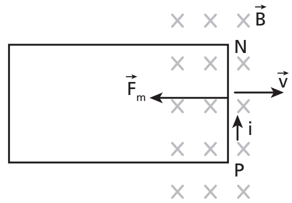
Devemos, em cada situação, determinar o sentido da corrente induzida e usar a regra da mão direita espalmada:

a)



A força magnética tem o sentido do eixo **x**.

b)

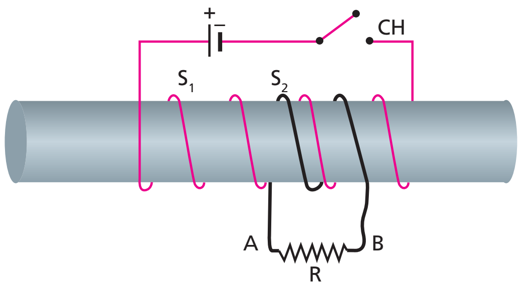


A força magnética tem sentido oposto ao do eixo **x**.

c) Como não existe corrente induzida, a força magnética é nula.

Respostas: a) sentido do eixo **x**; b) sentido oposto ao do eixo **x**; c) a força magnética é nula

14 Na figura a seguir, temos dois solenoides, S_1 e S_2, de fio de cobre isolado, feitos em um mesmo núcleo de ferro:



Determine o sentido da corrente elétrica no resistor **R**, ligado aos terminais de S_2, nas seguintes situações:

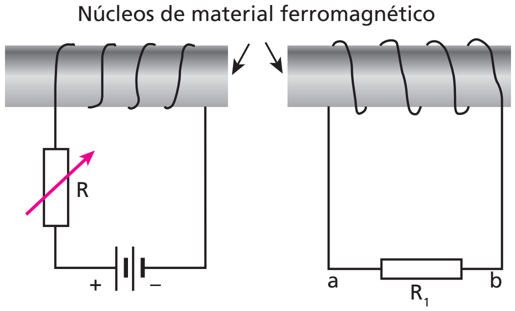
a) imediatamente após o fechamento da chave CH;
b) decorrido tempo suficiente para se estabelecer corrente constante na chave ligada;
c) imediatamente após a abertura da chave.

Resolução:

a) Imediatamente após o fechamento da chave, o enrolamento S_1 introduz em S_2 um fluxo "da esquerda para a direita". Surge, então, em S_2, uma corrente induzida que gera fluxo "da direita para a esquerda". Essa corrente, então, percorre **R** de **A** para **B**.
b) Não havendo variação de fluxo através de S_2, não há corrente induzida.
c) Imediatamente após a abertura da chave, S_2 percebe o desaparecimento de um fluxo "da esquerda para a direita". A corrente induzida gera, então, fluxo "da esquerda para a direita", percorrendo **R** de **B** para **A**.

Respostas: a) De **A** para **B**; b) Não há corrente em **R**; c) De **B** para **A**.

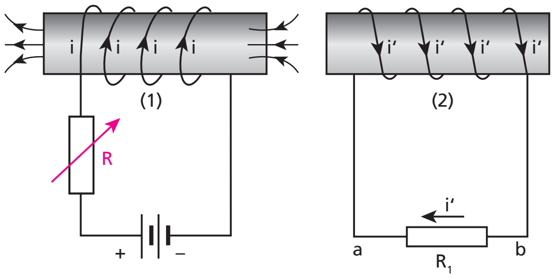
15 (Unifei-MG) Considere o circuito da figura, em que fios condutores estão enrolados sobre núcleos de material ferromagnético. Os fios estão isolados dos núcleos. Variando-se **R**, observa-se o aparecimento de uma corrente em R_1.



a) Justifique o aparecimento da corrente em R_1.
b) Enquanto **R** estiver diminuindo, qual o sentido da corrente que flui por R_1, de **a** para **b** ou de **b** para **a**? Justifique.

Resolução:

a) No circuito da esquerda, quando **R** varia, varia a intensidade da corrente. Assim, o campo magnético e o fluxo magnético (indutor) criados pelo solenoide também variam. Esse fluxo variável é percebido pelo solenoide da direita, surgindo nele uma corrente induzida (**indução eletromagnética**).
b) Quando **R** diminui, **i** aumenta. Assim, aumenta o fluxo indutor "para a esquerda", criado pelo solenoide (1).



O solenoide (2) percebe o fluxo indutor crescendo "para a esquerda". Surge nele, então, uma corrente induzida i', gerando fluxo induzido "para a direita". Essa corrente passa por R_1, **de b para a**.

Respostas: a) É devida à indução eletromagnética; b) De **b** para **a**.

16 Um aro de alumínio é abandonado no topo de uma rampa, no instante $t_0 = 0$, e desce rolando até chegar ao solo, o que ocorre no instante t_1 (veja a figura **1**).

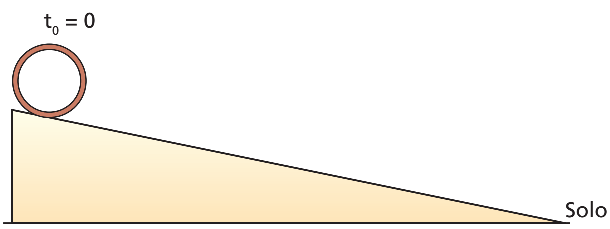


Figura 1

Depois, esse experimento é refeito com uma **única** alteração: o aro passa por um campo magnético uniforme $\vec{B}$, perpendicular ao plano da figura (ver figura 2), chegando ao solo no instante t_2.

Responda: t_2 é menor, maior ou igual a t_1?

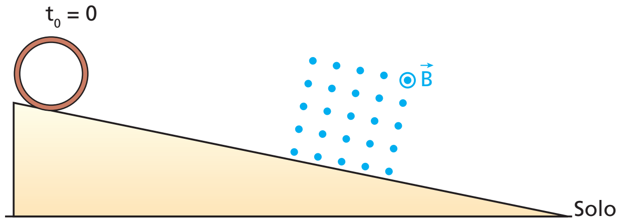


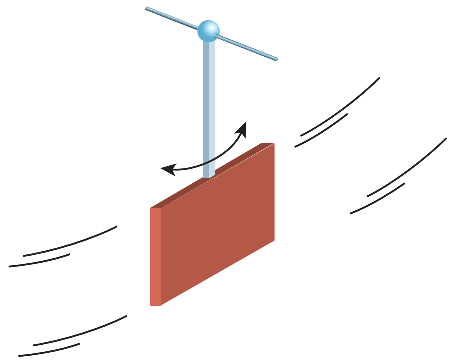
Figura 2

Resolução 1:
Quando o aro passa pela região onde existe campo magnético, surge nele uma corrente induzida. Então, pelo efeito Joule, ele se aquece, mesmo que ligeiramente. A energia térmica que provoca esse aquecimento corresponde a uma perda de energia cinética do aro. Portanto, t_2 é maior que t_1.

Resolução 2:
Ao penetrar no campo magnético e ao sair dele, surge no anel uma corrente elétrica induzida. Consequentemente, o aro se submete a forças magnéticas que se opõem à sua descida (regra da mão direita espalmada), como já era previsto:

Resposta: t_2 é maior que t_1

17 (UFMG) Este diagrama mostra um pêndulo com uma placa de cobre presa em sua extremidade.



Esse pêndulo pode oscilar livremente, mas, quando a placa de cobre é colocada entre os polos de um ímã forte, ele para de oscilar rapidamente. Isso ocorre porque:

a) a placa de cobre fica ionizada.
b) a placa de cobre fica eletricamente carregada.
c) correntes elétricas são induzidas na placa de cobre.
d) os átomos de cobre ficam eletricamente polarizados.
e) os elétrons livres da placa de cobre são atraídos eletrostaticamente pelos polos do ímã.

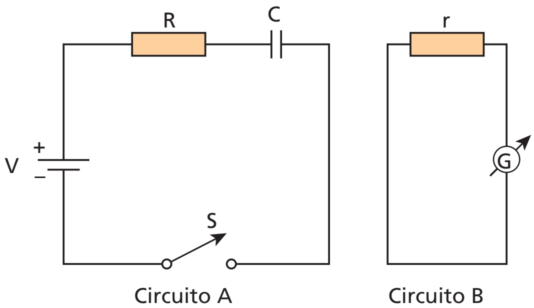
Resolução:
As correntes de Foucault provocam a conversão de energia mecânica em energia térmica. Com isso, a placa de cobre rapidamente para de oscilar.
Novamente, o fenômeno pode ser explicado pelas forças magnéticas que se opõem ao movimento responsável pela variação de fluxo.

Resposta: c

18 (UFPR) Dois circuitos estão dispostos lado a lado, conforme a figura abaixo. Após a chave **S** ser ligada, quais das seguintes afirmações são corretas?

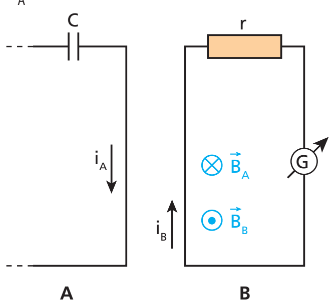
I. No circuito **B** aparecerá uma corrente elétrica no sentido anti-horário, medida pelo galvanômetro **G**.
II. Após um intervalo de tempo suficientemente longo, a corrente elétrica no circuito **A** será aproximadamente nula.
III. Em qualquer instante, a diferença de potencial à qual o capacitor **C** está submetido é igual à diferença de potencial **V** da bateria.
IV. A energia dissipada nos resistores **R** e **r** é devida ao efeito Joule.
V. O capacitor **C** armazena energia potencial elétrica.

Nota:
• Considere o capacitor incialmente descarregado.



Resolução:

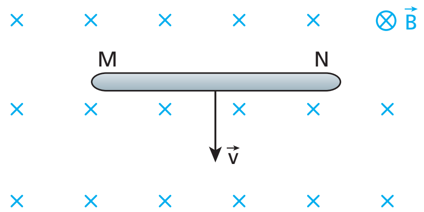
I. Incorreta. Imediatamente após o fechamento da chave **S**, é gerada no circuito **A** uma corrente i_A no sentido horário. Com isso, no circuito **B** é estabelecido repentinamente um fluxo indutor "saindo dele". A corrente i_B induzida no circuito **B** deve produzir um fluxo "para dentro" desse circuito, contrariando assim a variação do fluxo indutor.
Portanto, a corrente que aparece em **B** tem **sentido horário**.



II. Correta. À medida que a carga do capacitor aumenta, tendendo ao seu valor final, a corrente elétrica em **A** diminui, tendendo a zero.
III. Incorreta. A ddp no capacitor só se iguala à fem **V** da bateria quando se encerra seu processo de carga.
IV. Correta.
V. Correta.

Resposta: II, IV e V

19 Uma barra de cobre MN, disposta perpendicularmente às linhas de indução de um campo magnético uniforme $\vec{B}$, move-se com velocidade $\vec{v}$ perpendicular a $\vec{B}$.



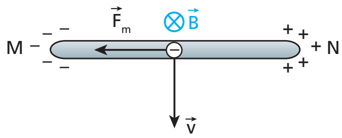
Sendo B = 0,50 T, v = 100 m/s e ℓ = 1,0 m o comprimento da barra:

a) calcule o módulo da força eletromotriz induzida entre suas extremidades;
b) determine a polaridade elétrica das extremidades **M** e **N**.

Resolução:

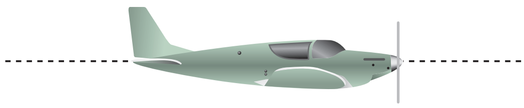
a) $|\varepsilon| = B\,\ell\,v = 0,50 \cdot 1,0 \cdot 100 \Rightarrow \boxed{|\varepsilon| = 50\text{ V}}$

b)



Respostas: a) 50 V; b) M: negativa; N: positiva

20 Um avião encontra-se em movimento retilíneo e horizontal, a 250 m/s, em um local onde o campo magnético terrestre possui uma componente vertical de $2,0 \cdot 10^{-5}$ T de intensidade. Sabendo que a distância entre as extremidades das asas desse avião é igual a 20 m, estime o módulo da força eletromotriz induzida entre esses pontos. As asas desse avião são metálicas e estão em contato elétrico com a fuselagem também metálica.



Resolução:

$|\varepsilon| = B_{vertical}\,\ell\,v = 2,0 \cdot 10^{-5} \cdot 20 \cdot 250 \Rightarrow \boxed{|\varepsilon| = 0,10\text{ V} = 100\text{ mV}}$

Resposta: 100 mV

21 E.R. Do instante t_1 = 1,0 s ao instante t_2 = 1,2 s, o fluxo de indução magnética através de uma espira variou de ϕ_1 = 2,0 Wb a ϕ_2 = 8,0 Wb. Determine a força eletromotriz média induzida na espira, no intervalo de tempo entre t_1 e t_2.

Resolução:

O intervalo de tempo considerado é dado por:

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

Fazendo t_1 = 1,0 s e t_2 = 1,2 s, calculamos Δt:

$$\Delta t = 1,2 - 1,0$$
$$\Delta t = 0,2\text{ s}$$

A variação de fluxo, nesse intervalo, é dada por:

$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$$

Fazendo ϕ_1 = 2,0 Wb e ϕ_2 = 8,0 Wb, obtemos:

$$\Delta\phi = 8,0 - 2,0$$
$$\Delta\phi = 6,0\text{ Wb}$$

A força eletromotriz média induzida vem da expressão:

$$\varepsilon_m = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Fazendo $\Delta\phi$ = 6,0 Wb e Δt = 0,2 s, calculamos ε_m:

$$\varepsilon_m = -\frac{6,0}{0,2} \Rightarrow \boxed{\varepsilon_m = -30\text{ V}}$$

Ou, em módulo:

$$\boxed{|\varepsilon_m| = 30\text{ V}}$$

Comentário:
O sinal negativo do resultado do cálculo da força eletromotriz induzida pode ser interpretado da seguinte forma: por ter ocorrido um aumento do fluxo de indução, a força eletromotriz induzida surgiu para criar fluxo induzido "**contra** o fluxo indutor" (Lei de Lenz).

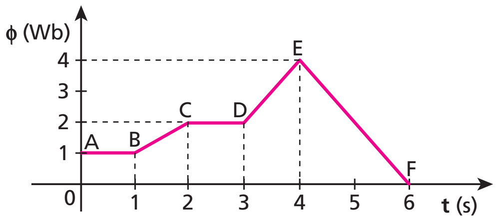
22 Durante um intervalo de tempo de duração igual a $5 \cdot 10^{-2}$ s, uma espira percebe uma redução de fluxo de 5 Wb para 2 Wb.
a) Calcule a força eletromotriz média induzida.
b) Interprete o sinal do resultado.

Resolução:
a) $\varepsilon_m = -\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\dfrac{(2-5)}{5 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{\varepsilon_m = 60\text{ V}}$

b) Pelo fato de ter ocorrido uma redução do fluxo indutor, a fem induzida surgiu para criar fluxo induzido "**a favor** do indutor" (Lei de Lenz).

Respostas: a) 60 V; b) A força eletromotriz induzida surge para gerar fluxo induzido "**a favor** do indutor": fem é **positiva**.

23 (UFMS) O gráfico a seguir refere-se à variação de fluxo de indução magnética, **ϕ**, expresso em webers, em função do tempo, numa espira retangular.



Com relação ao módulo, expresso em volts, da força eletromotriz induzida, **ε**, é **correto** afirmar que:
(01) no trecho AB, não há nenhuma força eletromotriz induzida.
(02) no trecho BC, o módulo da força eletromotriz induzida é 1 volt.
(04) no trecho CD, o módulo da força eletromotriz induzida é 2 volts.
(08) no trecho DE, não há nenhuma força eletromotriz induzida.
(16) no trecho EF, o módulo da força eletromotriz induzida é 2 volts.
(32) apenas nos trechos AB e CD pode existir força eletromotriz induzida.
Dê como resposta a soma dos números associados às afirmações corretas.

Resolução:
01. Correta, pois não há variação do fluxo **ϕ** nesse trecho.

02. Correta: $|\varepsilon| = \dfrac{|\Delta\phi|}{\Delta t} = \dfrac{2-1}{2-1} \Rightarrow \boxed{|\varepsilon| = 1\text{ V}}$

04. Incorreta: $\varepsilon = 0$

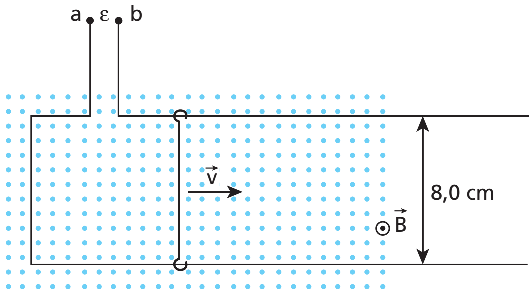
08. Incorreta, pois há variação de fluxo.

16. Correta: $|\varepsilon| = \dfrac{|\Delta\phi|}{\Delta t} = \dfrac{|0-4|}{6-4} \Rightarrow \boxed{|\varepsilon| = 2\text{ V}}$

32. Incorreta.

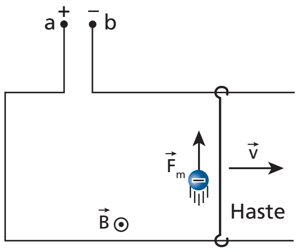
Resposta: 19

24 (UFV-MG) Uma espira retangular está imersa em um campo magnético perpendicular ao seu plano. O lado direito da espira pode mover-se sem perder o contato elétrico com a espira, conforme a figura seguinte.
Dados: B = 0,50 T (apontando para fora); v = 2,0 m/s.



Arrastando para a direita o lado móvel da espira, com velocidade constante $\vec{v}$, pode-se afirmar corretamente que a fem induzida nos terminais ab será igual a:
a) $8{,}0 \cdot 10^{-2}$ V, sendo o terminal **a** negativo e o terminal **b** positivo.
b) $6{,}0 \cdot 10^{-2}$ V, sendo a corrente elétrica dirigida de **b** para **a**.
c) $16 \cdot 10^{-2}$ V, sendo a corrente elétrica dirigida de **b** para **a**.
d) $16 \cdot 10^{-2}$ V, sendo a corrente elétrica dirigida de **a** para **b**.
e) $8{,}0 \cdot 10^{-2}$ V, sendo o terminal **a** positivo e o terminal **b** negativo.

Resolução:



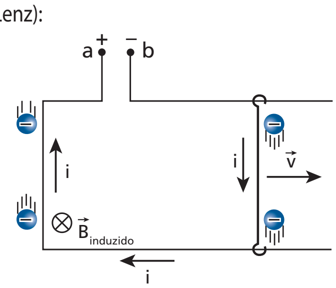
$|\varepsilon| = B\,\ell\,v$

$|\varepsilon| = 0{,}50 \cdot 8{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot 2{,}0$

$\boxed{|\varepsilon| = 8{,}0 \cdot 10^{-2}\text{ V}}$

Ao se iniciar o movimento da haste, seus elétrons livres submetem-se a forças magnéticas que os deslocam para cima, polarizando negativamente o terminal **b**. Com isso, o terminal **a** polariza-se positivamente.

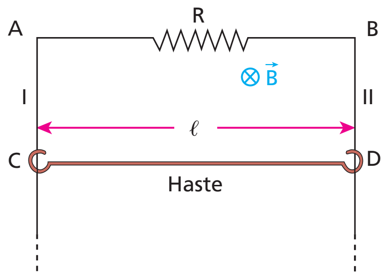
Nota:
• Vamos investigar a polarização dos terminais de uma outra maneira. Notemos que o fluxo de $\vec{B}$, "saindo do papel", está aumentando. Embora o circuito esteja aberto, **no início do movimento** da haste existiu uma corrente elétrica transitória que causou um fluxo induzido "entrando no papel" (Lei de Lenz):



Resposta: e

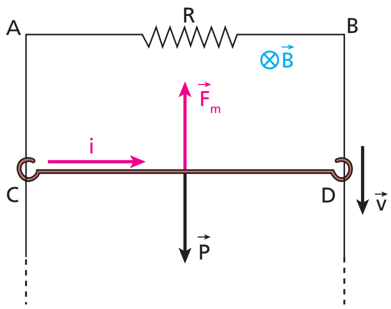
25 E.R. O sistema esquematizado na figura a seguir está disposto em um plano vertical. O resistor de resistência $R = 5\ \Omega$ está ligado aos fios I e II, verticais, supostos ideais e muito longos.

Uma haste condutora ideal CD de comprimento $\ell = 1$ m, pesando $P = 10$ N, é abandonada do repouso e passa a mover-se sem atrito, sempre disposta perpendicularmente aos fios I e II, e sem perder contato com eles. Determine a velocidade máxima atingida pela haste, sabendo que existe um campo magnético uniforme e constante perpendicular ao plano do sistema, como mostra a figura, e de intensidade $B = 1$ T. Despreze a influência do ar.



Resolução:

Inicialmente, devido à força peso, a barra é acelerada para baixo. Enquanto a barra se move, a área da espira retangular definida pelos pontos **A**, **B**, **C** e **D** varia, o que causa uma variação de fluxo e, consequentemente, uma fem induzida de módulo $B\,\ell\,v$, entre **C** e **D**.



Surge, então, na espira, uma corrente induzida **i** no sentido indicado, dada por:

$$i = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{B\,\ell\,v}{R}$$

Como $B = 1$ T, $\ell = 1$ m e $R = 5\ \Omega$, temos:

$$i = \frac{1 \cdot 1 \cdot v}{5} \Rightarrow i = \frac{v}{5}$$

Na haste, atua uma força magnética $\vec{F}_m$ vertical para cima, de intensidade dada por:

$$F_m = B\,i\,\ell$$

Sendo $B = 1$ T, $i = \frac{v}{5}$ e $\ell = 1$ m, vem:

$$F_m = 1 \cdot \frac{v}{5} \cdot 1 \Rightarrow F_m = \frac{v}{5}$$

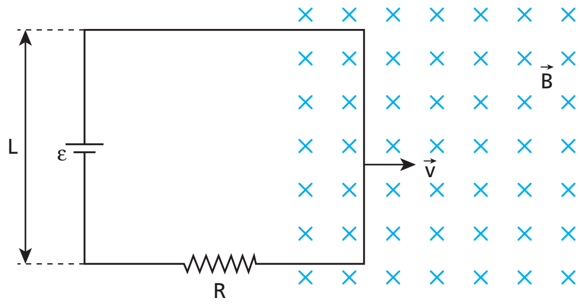
Note que, enquanto a velocidade da haste aumenta, o módulo F_m da força magnética também aumenta. Assim, quando F_m torna-se igual a **P**, a força resultante na haste é nula e sua velocidade não pode mais crescer. Nesse instante, a velocidade da haste atinge seu valor máximo. Portanto, quando a velocidade é máxima, temos:

$$F_m = P$$

Como $F_m = \frac{v_{máx}}{5}$ e $P = 10$ N, obtemos:

$$\frac{v_{máx}}{5} = 10 \Rightarrow \boxed{v_{máx} = 50\ \text{m/s}}$$

26 (UFV-MG) Uma bateria de força eletromotriz **ε** está ligada a uma espira retangular de largura **L** e resistência **R**. A espira está penetrando, com uma velocidade de módulo **V**, em uma região onde há um campo magnético uniforme de módulo **B**, orientado perpendicularmente ao plano da espira e entrando nesta página, conforme representado na figura abaixo.



É **correto** afirmar que a corrente elétrica na espira é:

a) igual a $\frac{\varepsilon + BLV}{R}$.

b) igual a $\frac{\varepsilon - BLV}{R}$.

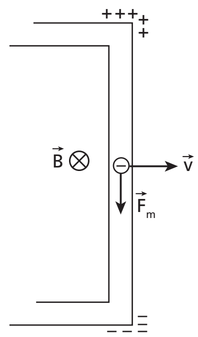
c) igual a $\frac{BLV}{R}$.

d) sempre nula.

e) igual a $\frac{\varepsilon}{R}$.

Resolução:

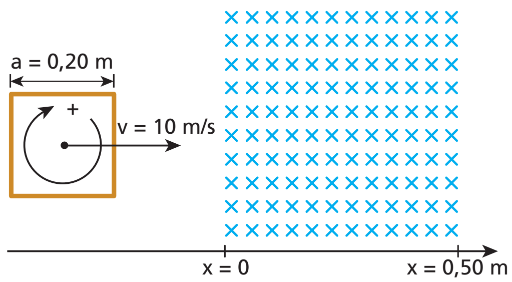
Em virtude da indução eletromagnética, existe uma força eletromotriz induzida entre as extremidades do lado direito da espira, de módulo igual a B L V, que se opõe à força eletromotriz da bateria (é uma força contraeletromotriz):



Assim, temos: $\boxed{i = \frac{\varepsilon - BLV}{R}}$

Resposta: b

27 (Unicamp-SP) Uma espira quadrada de lado $a = 0{,}20$ m e resistência $R = 2{,}0\ \Omega$ atravessa com velocidade constante $v = 10$ m/s uma região quadrada de lado $b = 0{,}50$ m, onde existe um campo magnético constante de intensidade $B = 0{,}30$ tesla. O campo penetra perpendicularmente no plano do papel e a espira se move no sentido de **x** positivo, conforme indicado na figura abaixo.



Considerando positivo o sentido horário da corrente elétrica, faça um gráfico da corrente na espira em função da posição de seu centro. Inclua valores numéricos e escala no seu gráfico.

Resolução:

$a = 0,20$ m
$R = 2,0\ \Omega$
$v = 10$ m/s
$b = 0,50$ m
$B = 0,30$ T

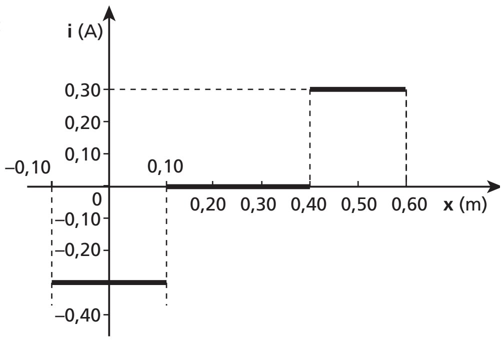
- Enquanto a espira penetra no campo, seu centro se desloca de $x = -0,10$ m até $x = +0,10$ m. Como o fluxo indutor "entrando no papel" aumenta, surge na espira uma corrente induzida no sentido **anti-horário** para gerar um fluxo induzido "saindo do papel".

$$i = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{B\,a\,v}{R} = \frac{0,30 \cdot 0,20 \cdot 10}{2,0} \Rightarrow i = 0,30\ \text{A}$$

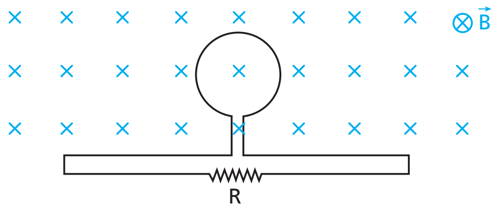
Pela convenção de sinais estabelecida:
$i = -0,30$ A

- Enquanto o centro da espira se desloca de $x = +0,10$ m até $x = +0,40$ m, ela está totalmente imersa no campo. Por isso, não há variação do fluxo indutor e a corrente induzida é nula.
- Enquanto a espira sai do campo, seu centro se desloca de $x = +0,40$ m até $x = +0,60$ m. Como o fluxo indutor "entrando no papel" diminui, surge nela uma corrente induzida no sentido **horário** para gerar um fluxo induzido "entrando no papel": $i = +0,30$ A.

Resposta:



28 E.R. O fluxo magnético que atravessa a espira da figura, perpendicularmente ao seu plano e dirigido para o papel, varia com o tempo **t** de acordo com a expressão $\phi = 2 \cdot 10^{-2}\, t$ (unidades SI).



A resistência elétrica da espira é desprezível, mas ela está ligada a um resistor de resistência $R = 5\ \Omega$. Determine:

a) o gráfico do fluxo em função do tempo;
b) a força eletromotriz induzida no circuito;
c) o sentido da corrente no circuito;
d) a intensidade dessa corrente.

Resolução:

a) Vamos determinar, inicialmente, alguns pontos do gráfico:

$$\phi = 2 \cdot 10^{-2}\, t \quad \text{(SI)}$$

Se $t = 0 \Rightarrow \phi = 0$.
Se $t = 1$ s $\Rightarrow \phi = 2 \cdot 10^{-2}$ Wb.
Se $t = 2$ s $\Rightarrow \phi = 4 \cdot 10^{-2}$ Wb.
Se $t = 3$ s $\Rightarrow \phi = 6 \cdot 10^{-2}$ Wb.

Nota:

- Obviamente, dois pontos seriam suficientes, pois ϕ é função do primeiro grau em **t**.

b) Analisando o gráfico, percebemos que o fluxo varia em uma taxa constante, dada por:

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = 2 \cdot 10^{-2}\ \text{Wb/s}$$

Usando a Lei de Faraday-Neumann, temos:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\varepsilon = -2 \cdot 10^{-2}\ \text{V}}$$

c) Como o fluxo indutor "entrando no papel" está crescendo, a corrente induzida cria fluxo "saindo do papel". Para isso, essa corrente deve percorrer **R** da esquerda para a direita.

d) Temos que:

$$|\varepsilon| = R\,i \Rightarrow i = \frac{|\varepsilon|}{R}$$

Fazendo $|\varepsilon| = 2 \cdot 10^{-2}$ V e $R = 5\ \Omega$, calculamos **i**:

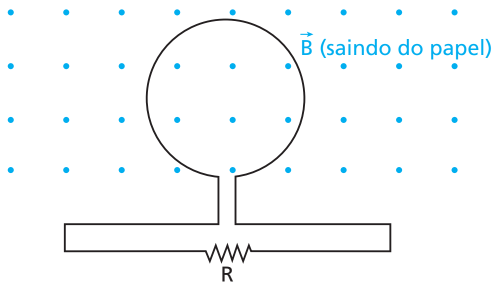
$$i = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{5}$$

$$\boxed{i = 4 \cdot 10^{-3}\ \text{A}} \quad \text{ou} \quad \boxed{i = 4\ \text{mA}}$$

29 A figura a seguir mostra uma espira circular perfeitamente condutora, de área igual a $1,0 \cdot 10^{-2}$ m², imersa em um campo magnético uniforme, perpendicular ao plano da espira.

No instante $t_1 = 1,0$ s, o módulo do vetor indução magnética vale 0,20 T. Em seguida, o módulo desse vetor aumenta e, no instante $t_2 = 3,0$ s, passa a valer 1,4 T. Ligado à espira, existe um resistor de resistência igual a 2,0 mΩ. Determine:

a) os fluxos, nos instantes t_1 e t_2;
b) a força eletromotriz média induzida;
c) o sentido da corrente elétrica no resistor, durante o crescimento do módulo de $\vec{B}$;
d) a intensidade da corrente elétrica média.



Resolução:

a) $\phi_1 = B_1\,A = 0,20 \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \boxed{\phi_1 = 2,0 \cdot 10^{-3}\ \text{Wb}}$

$\phi_2 = B_2\,A = 1,4 \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \boxed{\phi_2 = 1,4 \cdot 10^{-2}\ \text{Wb}}$

b) $\varepsilon_m = -\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\dfrac{12 \cdot 10^{-3}}{2,0} \Rightarrow \boxed{\varepsilon_m = -6,0\ \text{mV}}$

c) O fluxo induzido "entra no papel". Assim, a corrente elétrica induzida percorre **R** da direita para a esquerda.

d) $|\varepsilon_m| = R\,i_m \Rightarrow 6,0 \cdot 10^{-3} = 2,0 \cdot 10^{-3}\, i_m \Rightarrow \boxed{i_m = 3,0\ \text{A}}$

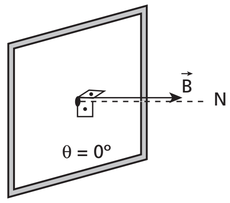
Respostas: a) $2,0 \cdot 10^{-3}$ Wb e $1,4 \cdot 10^{-2}$ Wb, respectivamente; b) –6,0 mV; c) da direita para a esquerda; d) 3,0 A

30 Uma espira quadrada de $8{,}0 \cdot 10^{-2}$ m de lado está disposta em um plano perpendicular a um campo magnético uniforme, cuja indução magnética vale $5{,}0 \cdot 10^{-3}$ T.

a) Qual é o fluxo magnético através da espira?

b) Se o campo magnético for reduzido a zero em 0,10 s, qual será o valor absoluto da força eletromotriz média induzida na espira nesse intervalo de tempo?

Resolução:



$A = \text{lado} \cdot \text{lado} \Rightarrow A = (8{,}0 \cdot 10^{-2})^2$

$A = 6{,}4 \cdot 10^{-3}\ m^2$

a) $\phi = B\,A \cos\theta$

$\phi = 5{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 6{,}4 \cdot 10^{-3} \cdot 1$

$\boxed{\phi = 3{,}2 \cdot 10^{-5}\ \text{Wb}}$

b) $|\varepsilon_m| = \dfrac{|\Delta\phi|}{\Delta t}$

$\phi_{inicial} = 3{,}2 \cdot 10^{-5}$ Wb

$\phi_{final} = 0$

$\Delta\phi = 0 - 3{,}2 \cdot 10^{-5} \Rightarrow |\Delta\phi| = 3{,}2 \cdot 10^{-5}$ Wb

$|\varepsilon_m| = \dfrac{3{,}2 \cdot 10^{-5}}{0{,}10} \Rightarrow \boxed{|\varepsilon_m| = 3{,}2 \cdot 10^{-4}\ \text{V}}$

Respostas: a) $3{,}2 \cdot 10^{-5}$ Wb; b) $3{,}2 \cdot 10^{-4}$ V

31 (ITA-SP) Uma bobina circular de raio R = 1,0 cm e 100 espiras de fio de cobre, colocada em um campo de indução magnética constante e uniforme, tal que B = 1,2 T está inicialmente numa posição tal que o fluxo de $\vec{B}$ através dela é máximo. Em seguida, num intervalo de tempo $\Delta t = 1{,}5 \cdot 10^{-2}$ s, ela é girada para uma posição em que o fluxo de $\vec{B}$ através dela é nulo. Qual é a força eletromotriz média induzida entre os terminais da bobina?

Resolução:

Em cada espira, temos:

$\phi_1 = BA = (1{,}2) \cdot (\pi\ 1{,}0 \cdot 10^{-4}) \Rightarrow \phi_1 = 1{,}2\pi\ 10^{-4}$ Wb

$\phi_2 = 0$

$\varepsilon_m = -\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\dfrac{(0 - 1{,}2\pi\ 10^{-4})}{1{,}5 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \varepsilon_m = \dfrac{1{,}2\pi}{1{,}5} \cdot 10^{-2}$ V

Entre os terminais da bobina de 100 espiras, a força eletromotriz média induzida é dada por:

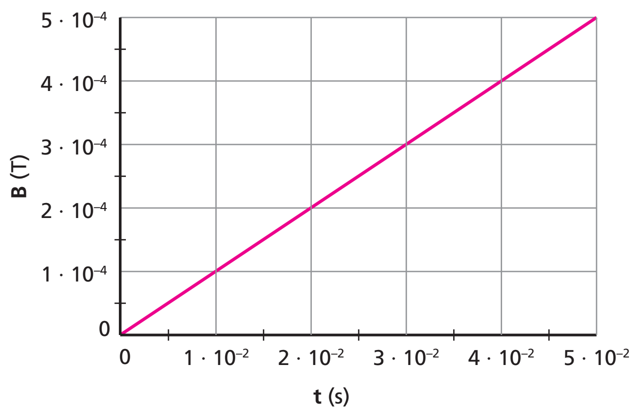
$\varepsilon_{m_{total}} = 100\,\varepsilon_m = 100\ \dfrac{1{,}2\pi}{1{,}5}\ 10^{-2} \Rightarrow \varepsilon_{m_{total}} = 2{,}5$ V

Resposta: 2,5 V

32 (Unicamp-SP) O princípio de funcionamento dos detectores de metais utilizados em verificações de segurança é baseado na Lei de Indução de Faraday. A força eletromotriz induzida por um fluxo de campo magnético variável através de uma espira gera uma corrente. Se um pedaço de metal for colocado nas proximidades da espira, o valor do campo magnético será alterado, modificando a corrente na espira. Essa variação pode ser detectada e usada para reconhecer a presença de um corpo metálico nas suas vizinhanças. Adote $\pi = 3$.

a) Considere que o campo magnético $\vec{B}$ atravessa perpendicularmente a espira e varia no tempo segundo a figura. Se a espira tem raio de 2 cm, qual é o módulo da força eletromotriz induzida?

b) A espira é feita de um fio de cobre de 1 mm de raio e a resistividade do cobre é $\rho = 2 \cdot 10^{-8}$ ohm · metro. A resistência de um fio é dada por: $R = \rho\,\dfrac{L}{A}$, em que **L** é o seu comprimento e **A** é a área da sua seção reta. Qual é a corrente na espira?



Resolução:

a) $A_e = \pi\,r_e^2 = 3 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2 \Rightarrow A_e = 1{,}2 \cdot 10^{-3}\ m^2$

$|\varepsilon| = \dfrac{|\Delta\phi|}{\Delta t} = \dfrac{\Delta B \cdot A_e}{\Delta t} = \dfrac{(5 \cdot 10^{-4}) \cdot (1{,}2 \cdot 10^{-3})}{5 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{|\varepsilon| = 1{,}2 \cdot 10^{-5}\ \text{V}}$

b) • $L = 2\pi\,r_e = 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \Rightarrow L = 12 \cdot 10^{-2}$ m

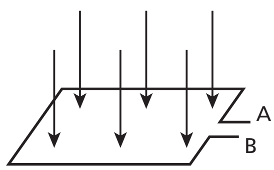
• $A = \pi\,r_f^2 = 3 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^2 \Rightarrow A = 3 \cdot 10^{-6}\ m^2$

• $R = \dfrac{\rho\,L}{A} = \dfrac{(2 \cdot 10^{-8}) \cdot (12 \cdot 10^{-2})}{3 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow R = 8 \cdot 10^{-4}\ \Omega$

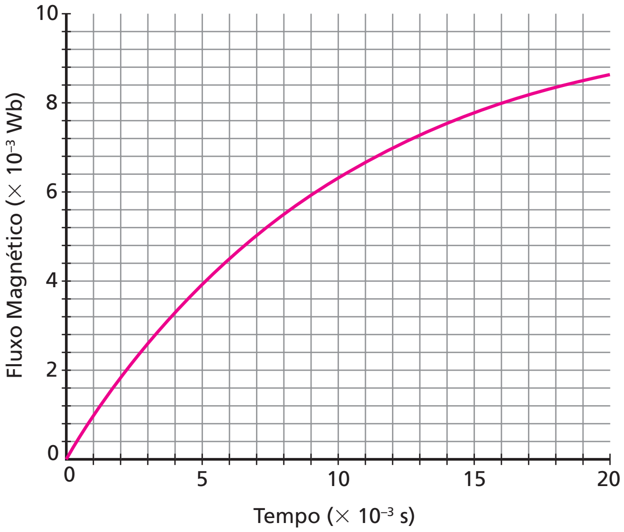
• $i = \dfrac{|\varepsilon|}{R} = \dfrac{1{,}2 \cdot 10^{-5}}{8 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow \boxed{i = 1{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{A}}$

Respostas: a) $1{,}2 \cdot 10^{-5}$ V; b) $1{,}5 \cdot 10^{-2}$ A

33 (UFU-MG) Uma espira quadrada de lados 0,10 m e resistência total 20 Ω está imersa em um campo magnético orientado perpendicularmente ao plano da espira, conforme a figura abaixo.



O fluxo magnético através da espira varia com o tempo de acordo com o seguinte gráfico:



A partir dessas informações é correto afirmar que:

a) se o campo magnético variar apenas com o tempo, o seu módulo no instante $t = 1{,}6 \cdot 10^{-2}$ s será igual a 8 T.

b) a força eletromotriz induzida entre os pontos **A** e **B**, entre os instantes $t = 0$ s e $t = 1{,}6 \cdot 10^{-2}$ s, será de 2 V.

c) de acordo com a Lei de Lenz, a corrente elétrica induzida na espira circulará de **B** para **A**.

d) a corrente elétrica induzida na espira entre os instantes $t = 0$ s e $t = 1{,}6 \cdot 10^{-2}$ s será de 0,025 A.

Resolução:

• Do gráfico: $t = 1{,}6 \cdot 10^{-2}\ s = 16 \cdot 10^{-3}\ s \Rightarrow \phi = 8 \cdot 10^{-3}$ Wb

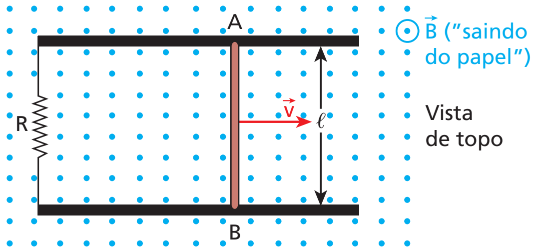
$$\phi = B\,A \Rightarrow 8 \cdot 10^{-3} = B \cdot (0{,}10)^2 \Rightarrow \boxed{B = 0{,}8\ T}$$

• $$\varepsilon_m = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\frac{8 \cdot 10^{-3} - 0}{1{,}6 \cdot 10^{-2} - 0} \Rightarrow \boxed{\varepsilon_m = -5 \cdot 10^{-1}\ V}$$

• $$i_m = \frac{|\varepsilon_m|}{R} = \frac{5 \cdot 10^{-1}}{20} \Rightarrow \boxed{i_m = 0{,}025\ A}\ \text{(de } \mathbf{A} \text{ para } \mathbf{B}\text{)}$$

Resposta: d

34 E.R. Uma barra metálica AB de comprimento $\ell = 50$ cm desliza, sem atrito e com velocidade constante de módulo $v = 5{,}0$ m/s, apoiando-se em dois trilhos condutores paralelos interligados por um resistor de resistência $R = 2{,}0 \cdot 10^{-2}\ \Omega$. A barra e os trilhos têm resistência elétrica desprezível. O conjunto está imerso em um campo de indução magnética uniforme e constante, de módulo $B = 2{,}0 \cdot 10^{-2}$ T, perpendicular ao plano dos trilhos, que é horizontal:



Determine:

a) o módulo da força eletromotriz induzida no circuito;

b) o sentido da corrente induzida, em relação ao leitor;

c) a intensidade da corrente induzida;

d) a intensidade e o sentido da força magnética que atua na barra;

e) a intensidade e o sentido da força que um operador deve aplicar na barra, na mesma direção da força magnética, para manter sua velocidade constante;

f) a energia dissipada no circuito, enquanto a barra percorre 5,0 m;

g) o trabalho realizado pela força aplicada pelo operador, nesse percurso de 5,0 m.

Resolução:

a) Em situações como esta, o módulo da fem induzida é dado por:

$$|\varepsilon| = B\,\ell\,v$$

Sendo $B = 2{,}0 \cdot 10^{-2}$ T, $\ell = 50\ cm = 50 \cdot 10^{-2}$ m e $v = 5{,}0$ m/s, calculamos $|\varepsilon|$:

$$|\varepsilon| = 2{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot 50 \cdot 10^{-2} \cdot 5{,}0$$

$$\boxed{|\varepsilon| = 5{,}0 \cdot 10^{-2}\ V}$$

b) Com o movimento da barra aumenta o fluxo de indução "saindo do papel". Esse aumento ocorre devido ao aumento gradativo da área da espira constituída. Portanto, a corrente induzida deve surgir num sentido tal que gere um fluxo induzido "contrário" ao fluxo indutor, ou seja, um fluxo induzido "entrando no papel". Para isso, a corrente induzida deve circular no sentido horário.

c) A fem induzida é que determina o aparecimento da corrente induzida. Assim:

$$|\varepsilon| = R\,i \Rightarrow i = \frac{|\varepsilon|}{R}$$

Fazendo $|\varepsilon| = 5{,}0 \cdot 10^{-2}$ V e $R = 2{,}0 \cdot 10^{-2}\ \Omega$, calculamos **i**:

$$i = \frac{5{,}0 \cdot 10^{-2}}{2{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{i = 2{,}5\ A}$$

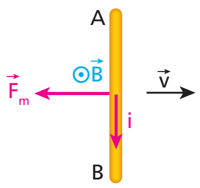
d) A força magnética $\vec{F}_m$ tem sua intensidade dada por:

$$F_m = B\,i\,\ell\ \text{sen}\ \theta$$

Como $B = 2{,}0 \cdot 10^{-2}$ T, $i = 2{,}5$ A, $\ell = 50\ cm = 50 \cdot 10^{-2}$ m e $\text{sen}\ \theta = \text{sen}\ 90° = 1$, calculamos F_m:

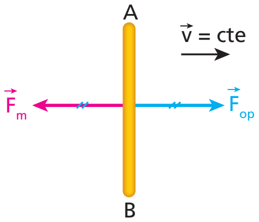
$$F_m = 2{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot 2{,}5 \cdot 50 \cdot 10^{-2} \cdot 1$$

$$\boxed{F_m = 2{,}5 \cdot 10^{-2}\ N}$$



Aplicando a regra da mão direita espalmada, concluímos que $\vec{F}_m$ está orientada da direita para a esquerda. Observe, mais uma vez, que a força magnética surge de modo que contrarie o movimento que causa a variação do fluxo. Assim, também poderíamos partir desse fato para determinar o sentido da corrente induzida.

e) Como a barra está em MRU, a força resultante nela deve ser nula. Assim, a força $\vec{F}_{op}$ aplicada pelo operador deve ter a mesma intensidade e sentido oposto ao de $\vec{F}_m$:



Portanto, $\vec{F}_{op}$ está orientada da esquerda para a direita e sua intensidade é dada por:

$$\boxed{F_{op} = 2,5 \cdot 10^{-2}\ N}$$

Nota:

• Se a força $\vec{F}_{op}$ deixar de atuar, o movimento da barra passará a ser retardado.

f) A energia dissipada em **R** é dada por:

$$E_d = Pot \cdot \Delta t = R\, i^2\, \Delta t$$

Fazendo $R = 2,0 \cdot 10^{-2}\ \Omega$, $i = 2,5\ A$ e $\Delta t = 1,0\ s$ (intervalo de tempo para a barra percorrer 5,0 m, movendo-se a 5,0 m/s), calculamos E_d:

$$E_d = 2,0 \cdot 10^{-2} \cdot (2,5)^2 \cdot 1,0$$

$$\boxed{E_d = 1,25 \cdot 10^{-1}\ J}$$

g) $\xrightarrow{\quad\quad} \vec{F}_{op}$

$\xrightarrow{\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad} \vec{d}$

O trabalho realizado pela força do operador é dado por:

$$\tau_{op} = F_{op}\, d \cos\theta$$

Fazendo $F_{op} = 2,5 \cdot 10^{-2}\ N$, $d = 5,0\ m$ e $\cos\theta = \cos 0 = 1$, calculamos τ_{op}:

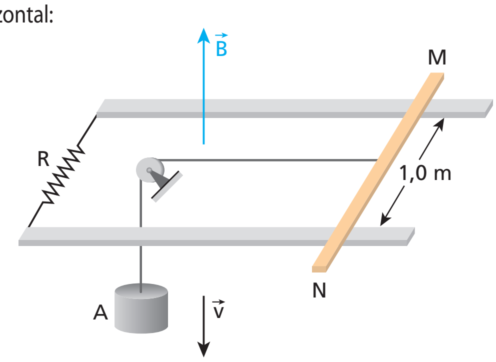
$$\tau_{op} = 2,5 \cdot 10^{-2} \cdot 5,0 \cdot 1$$

$$\boxed{\tau_{op} = 1,25 \cdot 10^{-1}\ J}$$

Importante:

Podemos constatar, nos itens **f** e **g**, a conservação da energia. De fato, concluímos que a energia elétrica dissipada na resistência é igual ao trabalho realizado pela força exercida pelo operador. Esse trabalho é a energia que o operador fornece ao sistema e que se converte em energia elétrica.

35 Uma barra metálica MN, tracionada horizontalmente por um fio suposto ideal que a conecta a um corpo **A**, translada com velocidade constante de módulo v = 10 m/s, apoiando-se em dois trilhos condutores paralelos um ao outro e interligados por um resistor de resistência R = 1,0 Ω. A barra e os trilhos têm resistência elétrica desprezível. O conjunto está imerso em um campo de indução magnética uniforme e constante, de módulo B = 2,0 T, perpendicular ao plano dos trilhos, que é horizontal:



São desprezados a influência do ar e todo e qualquer atrito. Determine:

a) o módulo da força eletromotriz induzida no circuito;
b) o sentido da corrente que percorre a barra;
c) a intensidade da corrente induzida;
d) a intensidade e o sentido da força magnética atuante na barra;
e) o peso do corpo **A**;
f) a potência dissipada no circuito;
g) a potência desenvolvida pelo peso do corpo **A**.

Resolução:

a) $|\varepsilon| = B\,\ell\,v = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 10 \Rightarrow |\varepsilon| = 20\ V$

b) Como está diminuindo o fluxo de $\vec{B}$ "para cima", surge corrente que percorre a barra MN de **N** para **M**, a fim de gerar fluxo "para cima".

c) $|\varepsilon| = R\,i \Rightarrow 20 = 1,0\ i \Rightarrow i = 20\ A$

d) $F_m = B\,i\,\ell = 2,0 \cdot 20 \cdot 1,0 \Rightarrow F_m = 40\ N$

Essa força atua na barra da esquerda para a direita.

e) MRU: $P_A = F_m \Rightarrow P_A = 40\ N$

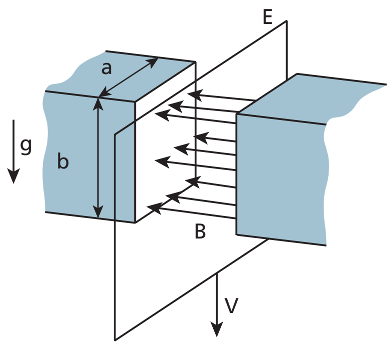
f) $Pot = R\,i^2 = 1,0 \cdot 20^2 \Rightarrow Pot = 4,0 \cdot 10^2\ W$

g) $Pot = P_A\, v = 40 \cdot 10 \Rightarrow Pot = 4,0 \cdot 10^2\ W$

Respostas: a) 20 V; b) De N para M; c) 20 A; d) 40 N, da esquerda para a direita; e) 40 N; f) $4,0 \cdot 10^2$ W; g) $4,0 \cdot 10^2$ W

36 (Fuvest-SP) Um procedimento para estimar o campo magnético de um ímã baseia-se no movimento de uma grande espira condutora **E** através desse campo. A espira retangular **E** é abandonada à ação da gravidade entre os polos do ímã, de modo que, enquanto a espira cai, um de seus lados horizontais (apenas um) corta perpendicularmente as linhas de campo. A corrente elétrica induzida na espira gera uma força eletromagnética que se opõe a seu movimento de queda, de tal forma que a espira termina atingindo uma velocidade **V** constante. Essa velocidade é mantida enquanto esse lado da espira estiver passando entre os polos do ímã.

A figura representa a configuração usada para medir o campo magnético, uniforme e horizontal, criado entre os polos do ímã. As características da espira e do ímã estão apresentadas na tabela.



Espira:	
Massa M	0,016 kg
Resistência R	0,10 Ω
Dimensões do ímã:	
Largura a	0,20 m
Altura b	0,15 m

Para a situação em que um dos lados da espira alcança a velocidade constante V = 0,40 m/s entre os polos do ímã, determine:

a) A intensidade da força eletromagnética **F**, em **N**, que age sobre a espira, de massa **M**, opondo-se à gravidade no seu movimento de queda a velocidade constante.

b) O trabalho realizado pela força de gravidade por unidade de tempo (potência), que é igual à potência **P** dissipada na espira, em watts.

c) A intensidade da corrente elétrica **i**, em ampères, que percorre a espira, de resistência **R**.

d) O campo magnético **B**, em tesla, existente entre os polos do ímã.

Note e adote:
$P = F\,V$; $P = i^2 R$; $F = B\,i\,\ell$; $g = 10\ m/s^2$
(Desconsidere o campo magnético da Terra.)

Resolução:

a) Sendo P_e o peso da espira:

$F = P_e = M\,g = 0{,}016 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{F = 0{,}16\ N}$

b) $P = F\,V = P_e\,V = 0{,}16 \cdot 0{,}40 \Rightarrow \boxed{P = 0{,}064\ W}$

c) $P = R\,i^2 \Rightarrow 0{,}064 = 0{,}10\ i^2 \Rightarrow \boxed{i = 0{,}80\ A}$

d) $F = B\,i\,\ell = B\,i\,a \Rightarrow 0{,}16 = B \cdot 0{,}80 \cdot 0{,}20 \Rightarrow \boxed{B = 1{,}0\ T}$

Respostas: a) 0,16 N; b) 0,064 W; c) 0,80 A; d) 1,0 T

37 E.R. Para reduzir uma tensão alternada, de 120 V para 12 V, usa-se um transformador, suposto ideal. Sabendo que o número de espiras do primário é 800 e que a intensidade da corrente no secundário é igual a 2 A, calcule:

a) o número de espiras do secundário;

b) a intensidade da corrente no primário.

Resolução:

No primário, temos:

$$N_1 = 800,\ U_1 = 120\ V \text{ e } I_1 = ?$$

No secundário, temos:

$$N_2 = ?,\ U_2 = 12\ V \text{ e } I_2 = 2\ A$$

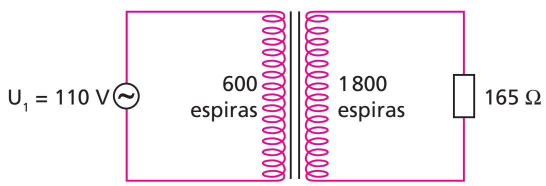
a) Sabemos que:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{120}{12} = \frac{800}{N_2} \Rightarrow \boxed{N_2 = 80 \text{ espiras}}$$

b) Vamos igualar as potências no primário e no secundário:

$$U_1\,I_1 = U_2\,I_2 \Rightarrow 120 \cdot I_1 = 12 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{I_1 = 0{,}2\ A}$$

38 Na figura a seguir, considere o transformador ideal.



Calcule a intensidade da corrente:

a) no secundário; b) no primário.

Resolução:

a) $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{110}{U_2} = \frac{600}{1\,800} \Rightarrow U_2 = 330\ V$

$U_2 = R\,I_2 \Rightarrow 330 = 165\ I_2 \Rightarrow \boxed{I_2 = 2\ A}$

b) $U_1\,I_1 = U_2\,I_2 \Rightarrow 110\ I_1 = 330 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{I_1 = 6\ A}$

Respostas: a) 2 A; b) 6 A

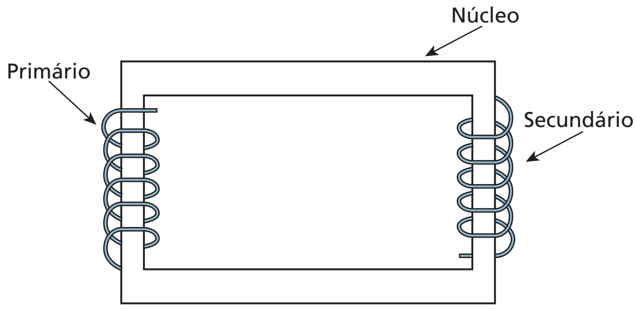
39 Uma bateria de 12 V é mantida ligada entre os terminais do primário de um transformador. Quanto indica um voltímetro conectado entre os terminais do secundário?

Resolução:

A corrente elétrica no primário será contínua e constante. Assim, não haverá variação de fluxo magnético e, consequentemente, a tensão induzida no secundário será nula.

Resposta: Zero

40 (Cefet-PR) Um transformador é constituído de duas bobinas independentes (primário e secundário), enroladas sobre uma mesma peça de ferro (núcleo do transformador).



Com relação a esse dispositivo, analise as afirmativas a seguir:

I. O funcionamento do transformador é baseado no fenômeno da indução eletromagnética.

II. O transformador só funciona com corrente contínua e constante na bobina primária.

III. Se o número de espiras do primário é maior que o número de espiras do secundário, o transformador funciona como um elevador de potência.

Podemos afirmar que:

a) apenas as afirmativas II e III estão corretas.

b) todas as afirmativas estão corretas.

c) apenas a afirmativa I é correta.

d) apenas as afirmativas I e II estão corretas.

e) apenas as afirmativas I e III estão corretas.

Resolução:

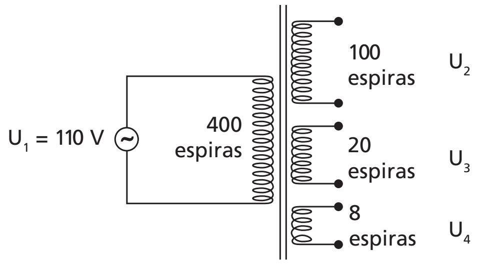
I) Correta.

II) Incorreta. O transformador só funcionará se a corrente no primário for **variável**.

III) Incorreta. O transformador jamais poderia ser um elevador de potência. No caso **ideal**, ele entrega ao secundário uma potência **igual** à recebida no primário.

Resposta: c

41 Existem transformadores que possuem um primário e vários secundários, como exemplificamos na figura.
Considerando o transformador ideal, calcule os valores U_2, U_3 e U_4 das tensões nos três secundários.



Resolução:

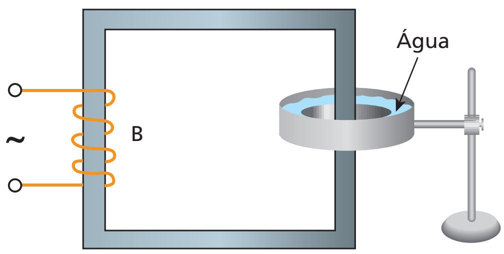
• $\dfrac{U_1}{U_2} = \dfrac{N_1}{N_2} \Rightarrow \dfrac{110}{U_2} = \dfrac{400}{100} \Rightarrow \boxed{U_2 = 27{,}5\ \text{V}}$

• $\dfrac{U_1}{U_3} = \dfrac{N_1}{N_3} \Rightarrow \dfrac{110}{U_3} = \dfrac{400}{20} \Rightarrow \boxed{U_3 = 5{,}5\ \text{V}}$

• $\dfrac{U_1}{U_4} = \dfrac{N_1}{N_4} \Rightarrow \dfrac{110}{U_4} = \dfrac{400}{8} \Rightarrow \boxed{U_4 = 2{,}2\ \text{V}}$

Resposta: $U_2 = 27{,}5$ V; $U_3 = 5{,}5$ V; $U_4 = 2{,}2$ V

42 A armação a seguir é constituída por lâminas de ferro delgadas coladas umas nas outras. A bobina **B** é ligada a uma fonte de tensão, passando a ser percorrida por uma corrente alternada (fonte de 110 V-60 Hz). O aro de alumínio, em forma de calha, contém água a 20 °C e é atravessado pela armação, conforme indica a figura a seguir:

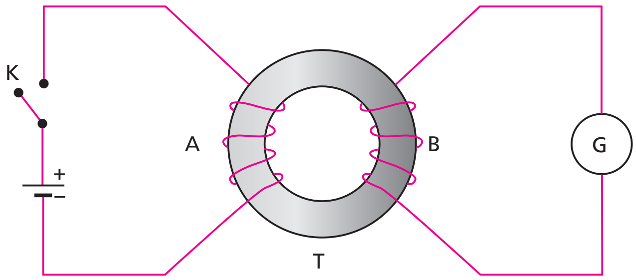


O que passará a ocorrer com a temperatura da água?

Resolução:
O fluxo magnético gerado pela bobina percorre a armação de ferro, atravessando a calha de alumínio. Esse fluxo, por ser variável, induz uma corrente elétrica na calha, o que provoca o aquecimento da água por efeito Joule.
Portanto, a temperatura da água passará a aumentar.

Resposta: Passará a aumentar.

43 Com um gerador de corrente contínua, uma chave **K**, um galvanômetro de zero no meio da escala e um toroide **T**, de ferro, no qual foram feitos dois enrolamentos **A** e **B** de fio de cobre esmaltado, montou-se o sistema representado na figura:



A respeito desse sistema são feitas as seguintes afirmações:

I. Quando a chave **K** é fechada, detecta-se uma corrente elétrica transitória em **G**.
II. Estando a chave **K** fechada há muito tempo, **G** indica uma corrente de intensidade constante e diferente de zero.
III. Se a chave **K** estiver fechada, nenhuma corrente será detectada em **G**, ao abri-la.
IV. Quando é gerada no enrolamento **B** uma força eletromotriz induzida, devida a **A**, sua intensidade depende da quantidade de espiras de **B**.
V. A polaridade elétrica dos terminais de **B** é a mesma quando se abre ou se fecha a chave **K**.

Quais dessas afirmações estão corretas?

Resolução:
• Quando se fecha ou se abre a chave, ocorre uma momentânea variação de fluxo magnético no enrolamento **B**, surgindo nele uma corrente induzida transitória. Enquanto a chave permanece fechada ou aberta, porém não há variação de fluxo nem corrente induzida em **B**.
• Quando se fecha ou se abre a chave, a força eletromotriz induzida em **B** é tanto mais intensa quanto maior é a sua quantidade de espiras, como acontece em um transformador.
• No fechamento e na abertura da chave as polaridades elétricas dos terminais de **B** se invertem. Com isso, as correntes transitórias induzidas em **B** nessas duas ocasiões têm sentidos contrários.
Portanto, estão corretas as afirmações I e IV.

Resposta: I e IV

44 E.R. Determine a indutância de um solenoide compacto de **n** espiras, comprimento ℓ e seção transversal de área **A**, sabendo que existe ar tanto dentro quanto fora dele. A permeabilidade magnética do ar é μ_0.

Resolução:
No interior do solenoide, a intensidade do vetor indução magnética é dada por:

$$B = \mu_0 \frac{n}{\ell} i$$

Em cada espira, o fluxo magnético é igual a B A, ou seja, $\mu_0 \frac{n}{\ell} i A$.
Então, o **fluxo total** nas **n** espiras, também denominado **enlace de fluxo**, é dado por:

$$\phi = n\,B\,A = n\,\mu_0 \frac{n}{\ell} i\,A = \mu_0 \frac{n^2}{\ell} i\,A$$

Como $\phi = L\,i$, temos:

$$L = \frac{\phi}{i} = \frac{\mu_0 \frac{n^2}{\ell} i\,A}{i} \Rightarrow \boxed{L = \frac{\mu_0\,n^2 A}{\ell}}$$

45 Um solenoide compacto a ar tem 2 000 espiras, 20 cm de comprimento e seção transversal com 5,0 cm² de área. Calcule sua indutância, sendo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T\,m}{A}$.

Resolução:

$$L = \frac{\mu_0\, n^2 A}{\ell} = \frac{(4\pi \cdot 10^{-7}) \cdot (2000)^2 \cdot (5{,}0 \cdot 10^{-4})}{20 \cdot 10^{-2}}$$

$$\boxed{L = 1{,}3 \cdot 10^{-2}\ H = 13\ mH}$$

Resposta: 13 mH

46 (UFPE) Quando uma corrente elétrica i = 0,2 A circula por um dado solenoide ideal, gera um campo magnético de intensidade B = 1,0 mT aproximadamente uniforme, em seu interior. O solenoide tem N = 1 000 espiras com área a = 10^{-3} m², cada. Calcule a indutância do solenoide em milihenry.

Resolução:

$$L = \frac{\phi}{i} = \frac{N\,B\,A}{i} = \frac{(1000) \cdot (1{,}0 \cdot 10^{-3}) \cdot (10^{-3})}{0{,}2}$$

$$\boxed{L = 5 \cdot 10^{-3}\ H = 5\ mH}$$

Resposta: 5

47 Em um solenoide a ar, de indutância igual a 0,25 H, a intensidade da corrente elétrica varia de 20 A até zero, em 0,2 s. Calcule o módulo do valor médio da força eletromotriz autoinduzida nele.

Resolução:

• $\phi = L\,i \Rightarrow |\Delta\phi| = L\,|\Delta i|$, em que **L** é uma constante.

• $\varepsilon = \frac{|\Delta\phi|}{\Delta t} = \frac{L\,|\Delta i|}{\Delta t} = \frac{0{,}25 \cdot 20}{0{,}2} \Rightarrow \boxed{\varepsilon = 25\ V}$

Resposta: 25 V

48 (ITA-SP) Um solenoide com núcleo de ar tem uma autoindutância **L**. Outro solenoide, também com núcleo de ar, tem a metade do número de espiras do primeiro solenoide, 0,15 de seu comprimento e 1,5 de sua seção transversal. A autoindutância do segundo solenoide é:

a) 0,2 L
b) 0,5 L
c) 2,5 L
d) 5,0 L
e) 20,0 L

Resolução:

Primeiro solenoide:

• autoindutância **L**
• **n** espiras
• comprimento **ℓ**
• seção transversal de área **A**

$$B = \mu \frac{n}{\ell}\, i$$

$$\phi = n\,B\,A = n \frac{\mu\, n\, i}{\ell} A$$

$$L = \frac{\phi}{i} = \frac{\mu\, n^2 A}{\ell}$$

Segundo solenoide:

• autoindutância L′

• $n' = \frac{n}{2}$ espiras

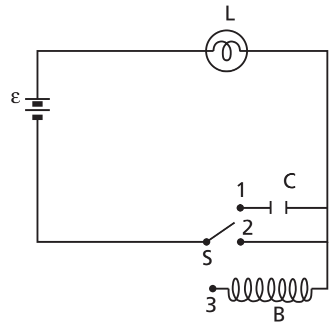
• comprimento $\ell' = 0{,}15\,\ell$
• seção transversal de área A′ = 1,5 A

$$L = \frac{\mu\, n^2 A'}{\ell'} = \frac{\mu \left(\frac{n}{2}\right)^2 (1{,}5\ A)}{0{,}15\,\ell} = 2{,}5 \frac{\mu\, n^2 A}{\ell}$$

$$\boxed{L' = 2{,}5\ L}$$

Resposta: c

49 Na figura, temos uma bateria de força eletromotriz **ε**, um capacitor de capacitância **C**, uma bobina **B** de resistência desprezível, uma lâmpada **L** em bom estado e uma chave **S**, que pode ser ligada no ponto **1**, **2** ou **3**.



Sabendo-se que a bateria é adequada para acender a lâmpada e que o capacitor está descarregado, em que ponto a chave deve ser ligada para que, após algum tempo, o brilho da lâmpada seja mínimo?

Resolução:

No ponto **1**, porque, à medida que a carga do capacitor aumenta, tendendo ao valor final C ε, a corrente no circuito tende a zero.

Resposta: No ponto **1**

50 Um solenoide de 50 cm de comprimento e $\frac{8}{\sqrt{\pi}}$ cm de diâmetro médio é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade igual a 10 A. O enrolamento é feito em 5 camadas de 400 espiras cada uma. No interior do solenoide existe ar. Sendo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T\,m}{A}$ a permeabilidade magnética do ar, determine:

a) o valor de $\vec{B}$ no interior do solenoide;
b) o fluxo magnético através de uma seção transversal do solenoide.

Resolução:

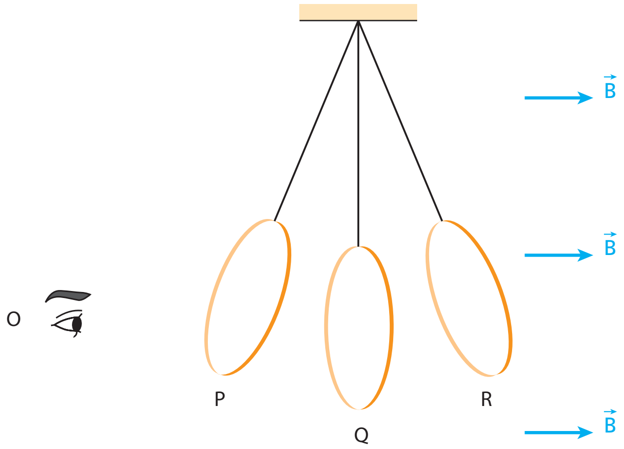
a) $B = \frac{\mu_0\, n\, i}{\ell} = \frac{4\pi\ \ 10^{-7}\ \ (5 \cdot 400)\ \ 10}{0{,}50} \Rightarrow B = 0{,}05\ T$

b) $\phi = B\,A \cos\theta = B\ \ \pi\, r^2 \cdot \cos 0° \Rightarrow \phi = 0{,}05\ \ \pi\ \left(\frac{4}{\sqrt{\pi}}\ \ 10^{-2}\right)^2 \cdot 1$

$\phi = 8 \cdot 10^{-5}\ Wb$

Respostas: a) 0,05 T; b) $8 \cdot 10^{-5}$ Wb

51 Um aro de cobre, preso em um barbante e situado totalmente dentro de um campo magnético uniforme e constante $\vec{B}$, oscila entre as posições **P** e **R**, mantendo uma mesma face voltada para o observador **O**.



Determine, em relação a **O**, o sentido da corrente elétrica induzida no aro enquanto ele se desloca:

a) de **P** até **Q**; b) de **Q** até **R**.

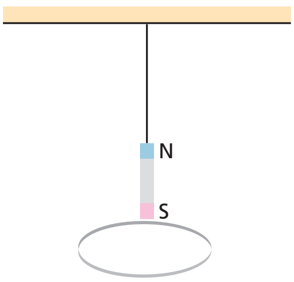
Resolução:

a) Durante o movimento de descida de **P** até **Q**, o fluxo do vetor indução magnética através do aro, "da esquerda para a direita", **aumenta**. Então, a corrente induzida nele tem sentido **anti-horário**, gerando assim um fluxo induzido da "direita para a esquerda".

b) Durante o movimento de subida de **Q** até **R**, o fluxo de $\vec{B}$ através do aro, "da esquerda para a direita", **diminui**. Com isso, a corrente induzida nele tem sentido **horário**, gerando assim um fluxo induzido também "da esquerda para a direita".

Respostas: a) Anti-horário; b) Horário

52 (ITA-SP) Pendura-se por meio de um fio um pequeno ímã permanente cilíndrico, formando assim um pêndulo simples. Uma espira circular é colocada abaixo do pêndulo, com seu eixo de simetria coincidente com o fio do pêndulo na sua posição de equilíbrio, como mostra a figura. Faz-se passar uma pequena corrente **I** através da espira mediante uma fonte externa.



Sobre o efeito dessa corrente nas oscilações de pequena amplitude do pêndulo, afirma-se que a corrente:

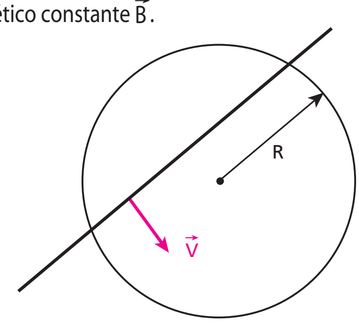
a) não produz efeito algum nas oscilações do pêndulo.
b) produz um aumento no período das oscilações.
c) aumenta a tensão no fio, mas não afeta a frequência das oscilações.
d) perturba o movimento do pêndulo que, por sua vez, perturba a corrente na espira.
e) impede o pêndulo de oscilar.

Resolução:

A corrente **I** produz um campo magnético, polarizando magneticamente as faces da espira, que, por isso, interage com o ímã. O ímã, por sua vez, por estar em movimento, produz uma variação de fluxo de indução através da espira, o que acarreta nela uma corrente induzida, modificando a corrente total.

Resposta: d

53 (ITA-SP) Um fio delgado e rígido, de comprimento **L**, desliza, sem atrito, com velocidade $\vec{v}$ sobre um anel de raio **R**, numa região de campo magnético constante $\vec{B}$.



Pode-se, então, afirmar que:

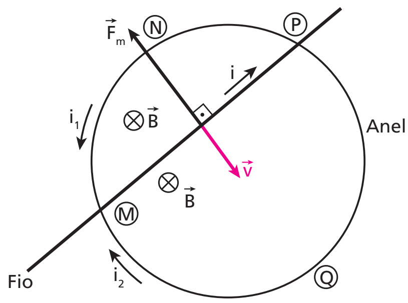
a) O fio irá se mover indefinidamente, pois a lei de inércia assim o garante.
b) O fio poderá parar, se $\vec{B}$ for perpendicular ao plano do anel, caso fio e anel sejam isolantes.
c) O fio poderá parar, se $\vec{B}$ for paralelo ao plano do anel, caso fio e anel sejam condutores.
d) O fio poderá parar, se $\vec{B}$ for perpendicular ao plano do anel, caso fio e anel sejam condutores.
e) O fio poderá parar, se $\vec{B}$ for perpendicular ao plano do anel, caso o fio seja feito de material isolante.

Nota:

• Suponha que o anel esteja situado num plano horizontal.

Resolução:

Vamos supor que o fio e o anel sejam condutores e que $\vec{B}$ seja perpendicular ao plano da figura, "entrando" nele:



O fio e o anel definem duas espiras: MNP e MQP.

Na espira MNP, o fluxo indutor "entrando no plano da figura" está aumentando. Então, existe nessa espira uma corrente induzida de intensidade i_1, no sentido indicado.

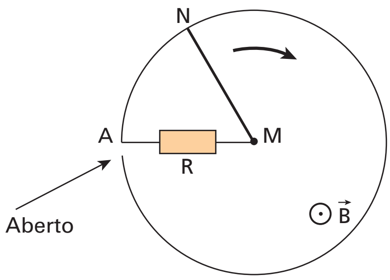
Na espira MQP, o fluxo indutor está diminuindo. Por isso, a corrente induzida nela, de intensidade i_2, tem o sentido indicado. No fio, a corrente tem sentido de **M** para **P** e intensidade $i = i_1 + i_2$.

Em virtude da força magnética $\vec{F}_m$, o movimento do fio é retardado e ele pode parar.

Resposta: d

54 (ITA-SP) O circuito da figura a seguir é constituído de um ponteiro metálico MN, com uma das extremidades pivotada em **M** e a outra extremidade, **N**, deslizando sobre uma espira circular condutora de raio MN = 0,4 m. **R** é um resistor ligando os pontos **M** e **A**. A espira é aberta em um ponto, ao lado da extremidade **A**, e o circuito AMN é fechado. Há uma indução magnética uniforme $B = 0,5$ T, perpendicular ao plano do circuito e cujo sentido aponta para fora desta folha. No instante inicial, o ponteiro tem sua extremidade **N** sobre o ponto **A** e se, a partir de então, descrever um movimento uniforme, com frequência de 0,2 Hz e no sentido horário:

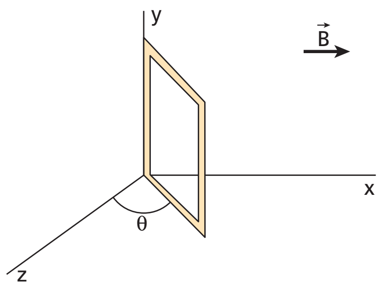
a) qual será o módulo da força eletromotriz induzida no circuito fechado?
b) qual será o sentido da corrente induzida no resistor **R**?



Resolução:
Durante o movimento do ponteiro, aumenta o fluxo indutor dirigido para fora da região AMN. Por isso, a corrente elétrica induzida gera um fluxo induzido dirigido para dentro dessa região, tendo sentido de **M** para **A**.
Durante uma volta (5 s), a área da espira AMN sofre uma variação ΔA, dada por:
$\Delta A = \pi\, \overline{MN}^2 = 3,14\,(0,4)^2 \Rightarrow \Delta A = 0,5\ m^2$
Temos, então:
$$|\varepsilon| = \frac{|\Delta\phi|}{\Delta t} = \frac{B\,\Delta A}{\Delta t} = \frac{0,5 \cdot 0,5}{5} \Rightarrow |\varepsilon| = 0,05\ V$$

Resposta: 0,05 V

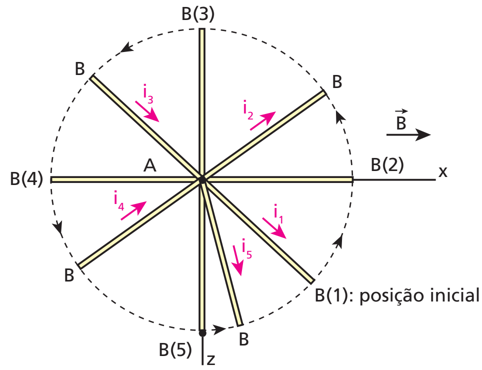
55 (UFRGS-RS) A figura representa uma espira condutora retangular num campo magnético uniforme $\vec{B}$ que tem a direção do eixo **x**. A espira pode girar em torno do eixo **y**. Designamos por **θ** o ângulo de giro formado pelo plano da espira com o eixo **z**.



A cada ciclo completo descrito pela espira em torno do eixo **y**, a partir da posição em que ela se encontra na figura, o sentido da corrente elétrica induzida na espira se inverte:

a) uma vez.
b) duas vezes.
c) três vezes.
d) quatro vezes.
e) cinco vezes.

Resolução:
A figura representa o lado superior da espira vista **de cima**.



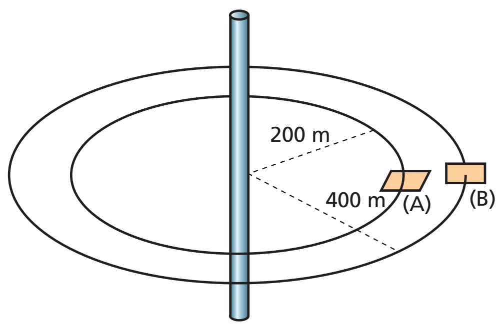
- De (1) para (2), o fluxo de $\vec{B}$ ("para a direita") diminui. A corrente i_1 gera fluxo também "para a direita".
- De (2) para (3), o fluxo de $\vec{B}$ ("para a direita") aumenta. Por isso, a corrente i_2 gera fluxo "para a esquerda".
- De (3) para (4), o fluxo $\vec{B}$ ("para a direita") diminui e a corrente i_3 gera fluxo "para a direita".
- De (4) para (5), o fluxo $\vec{B}$ ("para a direita") aumenta e a corrente i_4 gera fluxo "para a esquerda".
- De (5) para (1), o fluxo $\vec{B}$ ("para a direita") diminui e a corrente i_5 gera fluxo "para a direita".

Note que, no ciclo, o sentido da corrente na espira sofreu **duas** inversões.

Resposta: b

56 (UFPA) Relâmpagos são uma ameaça frequente a equipamentos eletrônicos. Correntes da ordem de 10 000 A ocorrem através da atmosfera por intervalos de tempo da ordem de 50 μs. Para estimar algumas consequências de corrente dessa magnitude, considere o modelo indicado na figura abaixo. Nesse modelo, a corrente elétrica percorre o condutor vertical; as linhas de indução associadas ao campo magnético produzido pela corrente estão indicadas pelas circunferências horizontais. Dois circuitos elétricos retangulares de 1 m² de área estão dispostos no plano horizontal (circuito **A**) e no plano vertical (circuito **B**). Considerando esse modelo e que:

- a intensidade de corrente no condutor varia de 0 A a 10 000 A durante 50 μs;
- as áreas dos circuitos são pequenas, portanto o campo magnético não varia espacialmente no interior dos circuitos;
- a permeabilidade magnética do ar é igual a $4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{Tm}{A}$;
- a intensidade da indução magnética, **B**, a uma distância **d** do condutor percorrido por uma corrente **I** vale $B = \frac{\mu_0\, I}{2\pi\, d}$, **calcule** a intensidade média da força eletromotriz induzida em cada um dos circuitos **A** e **B**.



Resolução:

- Em **A**: $\phi = 0$ e $\Delta\phi = 0 \Rightarrow \boxed{\varepsilon = 0}$

- Em **B**: $|\varepsilon_m| = \dfrac{|\Delta\phi|}{\Delta t} = \dfrac{\Delta B \cdot \text{Área}}{\Delta t} = \dfrac{\dfrac{\mu_0 \Delta I}{2\pi d} \cdot \text{Área}}{\Delta t}$

$$|\varepsilon_m| = \frac{\mu_0 \Delta I \cdot \text{Área}}{2\pi\, d\, \Delta t} = \frac{(4\pi \cdot 10^{-7}) \cdot (10\,000) \cdot (1)}{(2\pi) \cdot (400) \cdot (50 \cdot 10^{-6})}$$

$$\boxed{|\varepsilon_m| = 0{,}1\ \text{V}}$$

Resposta: Em **A**: zero; em **B**: 0,1 V

57 (Olimpíada Paulista de Física) As descargas elétricas atmosféricas (raios) que ocorrem durante as tempestades são caracterizadas por correntes da ordem de 50 000 A e tensão de centenas de milhares ou até milhões de volts. Os médicos sabem que, se uma corrente maior que 2 mA atravessar o tórax de uma pessoa, o sistema bioelétrico que comanda os batimentos cardíacos é perturbado, causando óbito. A cada segundo, cerca de 100 raios ocorrem em nosso planeta. A cada ano, mais de 150 pessoas morrem nos Estados Unidos como consequência de raios. Com base no exposto acima e em seus conhecimentos, avalie as seguintes afirmações sobre relâmpagos e raios.

I. Quando se diz que alguém foi atingido por um raio e teve queimaduras severas, mas não morreu, na realidade está sendo cometido um equívoco. A corrente transportada pelo raio seguramente mataria a pessoa. No entanto, quando a eletricidade atravessa um condutor, é criado um campo magnético temporário na área próxima desse condutor. Se um segundo condutor paralelo (uma pessoa) está nessa região, será induzida nele uma corrente elétrica. Assim, essa corrente induzida, normalmente bem menor qua a corrente associada ao raio, é que atravessa a pessoa. Essa corrente ainda pode ser alta o suficiente para causar danos consideráveis sobre qualquer pessoa. Esse é o princípio de funcionamento de um transformador elétrico.

II. Um carro é um ótimo lugar para se refugiar durante uma tempestade de relâmpagos. Isso se justifica porque os pneus isolam o veículo do solo e também porque o metal do veículo funciona como blindagem elétrica. Esse efeito é conhecido como gaiola de Faraday.

III. O trovão, que acompanha o relâmpago, é consequência da brusca expansão dos gases aquecidos pela passagem da corrente elétrica. Essa expansão dá origem a uma onda de choque que é responsável pelo estrondo.

Com relação às afirmações acima:

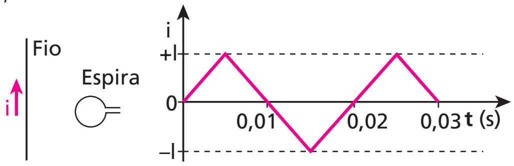
a) apenas a afirmação (I) está correta.
b) apenas a afirmação (II) está correta.
c) apenas as afirmações (I) e (II) estão corretas.
d) todas as afirmações estão erradas.
e) todas as afirmações estão certas.

Resolução:

I. Correta. O exercício 56 fornece subsídios para se chegar a essa conclusão.
II. Correta.
III. Correta.

Resposta: e

58 (Unicamp-SP – mod.) Um fio condutor retilíneo e longo é colocado no plano que contém uma espira condutora pequena o suficiente para que se possa considerar uniforme o campo magnético através dela (ver figura abaixo, à esquerda). O fio é percorrido por uma corrente **i** (**t**) cuja variação em função do tempo é representada na figura abaixo, à direita.



Considere **i** (**t**) > 0 quando a corrente no fio tem o sentido indicado ao lado dele. Quando **i** (**t**) > 0, considere também positivo o fluxo **ϕ** (**t**) através da espira.

a) Qual é a frequência da corrente que percorre a espira?
b) Faça um gráfico do fluxo magnético que atravessa a espira em função do tempo.
c) Faça um gráfico da força eletromotriz induzida nos terminais da espira em função do tempo.

Resolução:

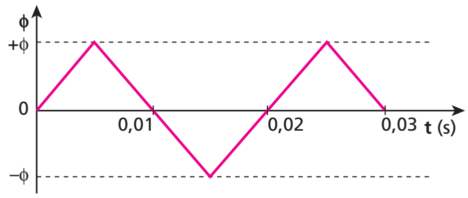
a) Como $f = \dfrac{1}{T}$ e $T = 0{,}02$ s, temos:

$f = \dfrac{1}{0{,}02} \Rightarrow f = 50$ Hz

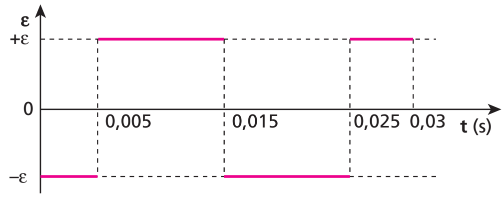
b) $\phi = B\,A = \dfrac{\mu\, i}{2\pi\, r} \cdot A = \dfrac{\mu\, A}{2\pi\, r}\, i = k\, i$

constante **k**

O valor de **ϕ** foi considerado positivo quando $i > 0$. Portanto, será negativo para $i < 0$.

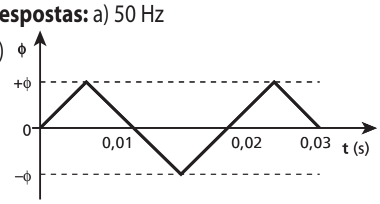


c) $\varepsilon = -\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t}$:

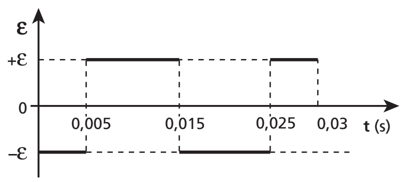


Respostas: a) 50 Hz

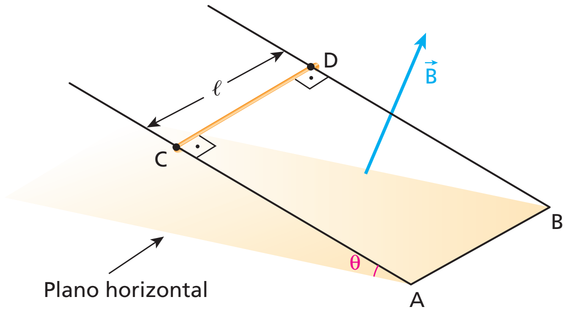
b)



c)



59 Dois trilhos paralelos, com ângulo de inclinação **θ** em relação a um plano horizontal, são considerados condutores ideais. As extremidades **A** e **B** dos trilhos são ligadas através de um condutor também suposto ideal, como mostra a figura a seguir.

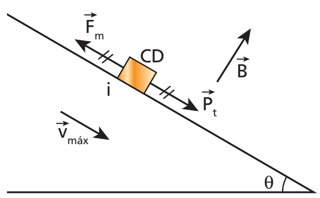


Uma haste CD, de comprimento **ℓ**, massa **m** e resistência elétrica **R**, é abandonada a partir do repouso e desliza sem atrito, mantendo-se sempre perpendicular aos trilhos. Existe, no local, um campo magnético uniforme e constante $\vec{B}$, perpendicular ao plano dos trilhos, como mostra a figura. O campo de gravidade local tem módulo igual a **g**. Determine o módulo da velocidade máxima atingida pela haste, admitindo-se que isso ocorre antes de ela chegar aos extremos **A** e **B**. Despreze as influências do ar.

Resolução:
Durante a descida da haste CD, a área da espira ABCD diminui, diminuindo, assim, o fluxo de $\vec{B}$ através dela. Por isso, surge uma corrente elétrica induzida (**i**) na espira, para gerar fluxo induzido "a favor" do fluxo indutor.
Essa corrente percorre CD, de **D** para **C**.
A força eletromotriz induzida (**ε**), responsável pela citada corrente, é proporcional à velocidade da haste (**v**):

$$\varepsilon = B\,\ell\,v$$

Assim, à medida que **v** aumenta, **ε** também aumenta, o mesmo ocorrendo com **i**. Consequentemente, a intensidade da força magnética sobre a haste CD (F_m) também aumenta. A velocidade máxima é atingida quando a força magnética equilibra a componente tangencial do peso ($\vec{P}_t$):



$$F_m = P_t \Rightarrow B\,i\,\ell = m\,g\,\text{sen}\,\theta \quad \text{(I)}$$

$$\varepsilon = B\,\ell\,v \Rightarrow i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{B\,\ell\,v}{R} \quad \text{(II)}$$

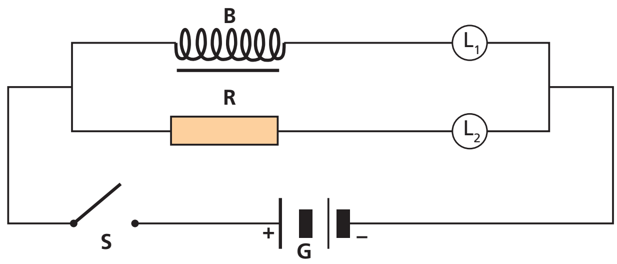
Substituindo (II) em (I), vem:

$$B\,\frac{B\,\ell\,v_{máx}}{R}\,\ell = m\,g\,\text{sen}\,\theta$$

$$v_{máx} = \frac{mg\,R\,\text{sen}\,\theta}{B^2\,\ell^2}$$

Resposta: $\dfrac{mg\,R\,\text{sen}\,\theta}{B^2\,\ell^2}$

60 No esquema a seguir, L_1 e L_2 são duas lâmpadas de incandescência idênticas, **G** é um gerador adequado para acendê-las, **B** é uma bobina de muitas espiras e com núcleo de ferro, **S** é uma chave e **R** é um resistor de resistência elétrica **r** igual à da bobina.



Compare os brilhos das lâmpadas:
a) logo após o fechamento da chave **S**;
b) muito tempo após o fechamento da chave **S**;
c) após a abertura da chave **S**, que permaneceu fechada por muito tempo.

Resolução:
a) L_2 brilha mais porque a corrente nela atinge o valor normal quase instantaneamente.
A corrente em L_1 demora mais para atingir o valor normal porque seu crescimento é retardado pela força eletromotriz autoinduzida na bobina.

b) Os brilhos são iguais.
Sendo **ε** a força eletromotriz do gerador e desprezando sua resistência interna, as correntes nas duas lâmpadas atingirão o mesmo valor $\dfrac{\varepsilon}{r + R_L}$, em que R_L é a resistência de cada lâmpada.

c) Devido à força eletromotriz autoinduzida na bobina, uma corrente de intensidade decrescente igual nas duas lâmpadas, persistirá por algum tempo. Portanto, os brilhos das lâmpadas serão iguais, diminuindo até que se apaguem.

Respostas: a) L_2 brilha mais que L_1; b) Os brilhos são iguais; c) Os brilhos são iguais, diminuindo até que as lâmpadas se apagam.

61 Mostre que a unidade de medida da constante de tempo de um circuito R L, no SI, é o segundo.

Resolução:
Temos que:

• $|\varepsilon| = L\dfrac{|\Delta i|}{\Delta t} \Rightarrow L = \dfrac{|\varepsilon|\,\Delta t}{|\Delta i|} \Rightarrow \text{henry} = \dfrac{\text{volt} \cdot \text{segundo}}{\text{ampère}}$

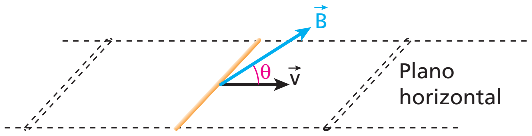
• $U = R\,i \Rightarrow R = \dfrac{U}{i} \Rightarrow \text{ohm} = \dfrac{\text{volt}}{\text{ampère}}$

Vamos, então, determinar a unidade de medida da constante de tempo $\dfrac{L}{R}$:

$$\frac{\text{henry}}{\text{ohm}} = \frac{\text{volt} \cdot \text{segundo}}{\text{ampère}} \cdot \frac{\text{ampère}}{\text{volt}} = \textbf{segundo}.$$

Resposta: Ver demonstração.

62 Uma haste metálica de comprimento **L** move-se com velocidade $\vec{v}$ numa região onde existe um campo de indução magnética constante e uniforme $\vec{B}$, como indica a figura.



Sendo **θ** o ângulo entre $\vec{B}$ e $\vec{v}$, e sabendo que esses vetores estão num mesmo plano vertical, determine o valor absoluto da força eletromotriz induzida entre as extremidades da haste.

Resolução:
A fem induzida aparece porque os elétrons livres se submetem a forças magnéticas que os deslocam para uma das extremidades da haste. Entretanto, só a componente de $\vec{v}$, perpendicular a $\vec{B}$, contribuiu para o surgimento dessas forças.
Por isso:

$|\varepsilon| = B\,L\,v_{\perp} \Rightarrow |\varepsilon| = B\,L\,v\,\text{sen}\,\theta$

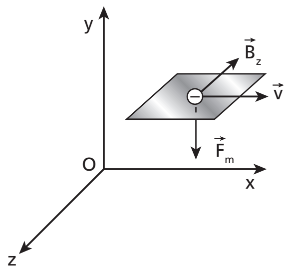
Note que, se $\vec{v}$ e $\vec{B}$ tivessem mesma direção, teríamos sen θ = 0 e $|\varepsilon| = 0$.

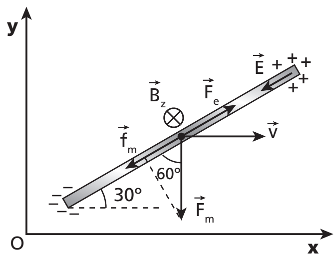
Resposta: B L v sen θ

63 (ITA-SP) Uma haste metálica de comprimento 20,0 cm está situada num plano xy, formando um ângulo de 30° com relação ao eixo Ox. A haste movimenta-se com velocidade de 5,0 m/s na direção do eixo Ox e encontra-se imersa num campo magnético uniforme $\vec{B}$, cujas componentes, em relação a Ox e Oz (em que **z** é perpendicular a xy), são, respectivamente, $B_x = 2{,}2$ T e $B_z = -0{,}50$ T. Assinale o módulo da força eletromotriz induzida na haste.

a) 0,25 V
b) 0,43 V
c) 0,50 V
d) 1,10 V
e) 1,15 V

Resolução:
Devido a $\vec{B}_z$, em cada elétron livre presente na haste atua uma força magnética $\vec{F}_m$ que tem, na direção da haste, uma componente $\vec{f}_m$, de módulo igual a $F_m \cdot \cos 60^\circ$:





Com isso, os elétrons livres se deslocam ao longo da haste e suas extremidades vão se eletrizando. Consequentemente, surge um campo elétrico $\vec{E}$, de intensidade crescente, no interior dela.
Quando a força elétrica $\vec{F}_e$, devida a $\vec{E}$, equilibra $\vec{f}_m$, cessa o deslocamento de elétrons ao longo da haste:

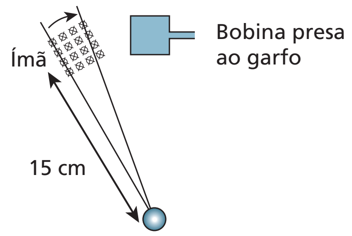
$$f_m = F_e \Rightarrow F_m \cdot \cos 60^\circ = F_e \Rightarrow |q|\,v\,B_z \cdot \cos 60^\circ = |q|\,E = |q|\,\frac{|\varepsilon|}{\ell}$$

$$|\varepsilon| = \ell\,v\,B_x \cdot \cos 60^\circ = (20{,}0 \cdot 10^{-2}) \cdot (5{,}0) \cdot (0{,}50) \cdot \frac{1}{2}$$

$$\boxed{|\varepsilon| = 0{,}25\text{ V}}$$

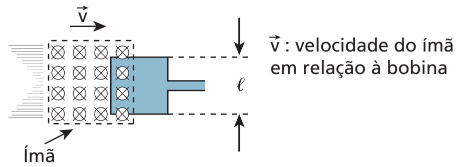
Resposta: a

64 (ITA-SP) Uma bicicleta, com rodas de 60 cm de diâmetro externo, tem seu velocímetro composto de um ímã preso em raios, a 15 cm do eixo da roda, e de uma bobina quadrada de 25 mm² de área, com 20 espiras de fio metálico, presa no garfo da bicicleta. O ímã é capaz de produzir um campo de indução magnética de 0,2 T em toda a área da bobina (veja a figura). Com a bicicleta a 36 km/h, a força eletromotriz máxima gerada pela bobina é de:



a) $2 \cdot 10^{-5}$ V
b) $5 \cdot 10^{-3}$ V
c) $1 \cdot 10^{-2}$ V
d) $1 \cdot 10^{-1}$ V
e) $2 \cdot 10^{-1}$ V

Resolução:



• R = 30 cm = 0,30 m
V = 36 km/h = 10 m/s

$V = \omega_{roda}\,R \Rightarrow 10 = \omega_{roda} \cdot 0{,}30 \Rightarrow \omega_{roda} = \frac{10}{0{,}30}$ rad/s

• r = 15 cm = 0,15 m

$v = \omega_{roda}\,r = \frac{10}{0{,}30} \cdot 0{,}15 \Rightarrow v = 5$ m/s

• $A = 25\text{ mm}^2 \Rightarrow \ell = 5\text{ mm} = 5 \cdot 10^{-3}$ m
B = 0,2 T
v = 5 m/s
n = 20 espiras

$$|\varepsilon|_{máx} = n\,B\,\ell\,v = 20 \cdot 0{,}2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \Rightarrow \boxed{|\varepsilon|_{máx} = 1 \cdot 10^{-1}\text{ V}}$$

Resposta: d

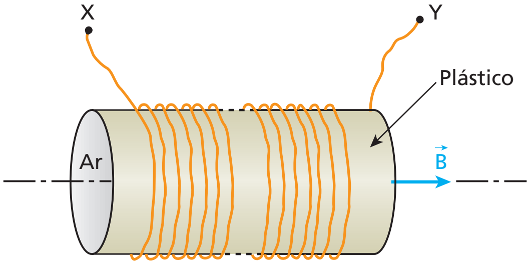
65 Um solenoide de terminais **X** e **Y** é constituído por 100 espiras de raio igual a $\frac{10}{\sqrt{\pi}}$ cm. Durante 0,10 s, provoca-se em seu interior uma variação de campo de indução $\vec{B}$, de 0 a 4,0 Wb/m². Esse campo surge e cresce de modo igual ao longo de todo o solenoide, sempre na direção e sentido indicados na figura.

Determine durante a variação de $\vec{B}$:

a) a força eletromotriz média induzida em cada espira, em valor absoluto;

b) a força eletromotriz média induzida entre os pontos **X** e **Y**, em valor absoluto;

c) as polaridades elétricas dos terminais **X** e **Y**.



Resolução:

a) Calcule a área (**A**) de cada espira:

$$A = \pi R^2 = \pi \left(\frac{10}{\sqrt{\pi}}\ 10^{-2}\right)^2 \Rightarrow A = 1{,}0 \cdot 10^{-2}\ m^2$$

Calcule os fluxos de indução inicial e final através de cada espira:

$\phi_i = B_i\, A = 0\ A \Rightarrow \phi_i = 0$

$\phi_f = B_f\, A = 4{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \phi_f = 4{,}0 \cdot 10^{-2}$ Wb

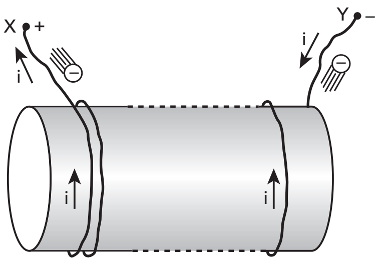
A força eletromotriz média induzida em cada espira é dada, em valor absoluto, por:

$$|\varepsilon_m| = \frac{|\Delta\phi|}{\Delta t} = \frac{4{,}0 \cdot 10^{-2}}{0{,}10} \Rightarrow \varepsilon_m = 0{,}40\ V$$

b) Entre os pontos **X** e **Y** temos 100 espiras.

$$|\varepsilon_{m_{XY}}| = 100\,|\varepsilon_m| = 100 \cdot 0{,}40 \Rightarrow |\varepsilon_{m_{XY}}| = 40\ V$$

c) Embora o circuito esteja aberto, uma corrente transitória circula no solenoide durante a variação de $\vec{B}$. Como o fluxo de $\vec{B}$ ("para a direita") cresceu, essa corrente gerou fluxo "para a esquerda" (Lei de Lenz):



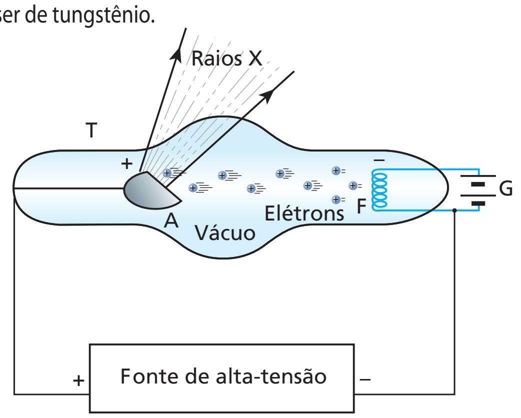
Portanto, as polaridades elétricas de **X** e **Y**, durante a variação de $\vec{B}$, são positiva e negativa, respectivamente.

Respostas: a) 0,40 V; b) 40 V; c) X: positiva, Y: negativa

Parte IV – FÍSICA MODERNA

Tópico 1

1 Raios X são radiações eletromagnéticas cujos comprimentos de onda, no vácuo, podem variar de 10^{-9} m a 10^{-11} m, ou seja, de 10 Å a 0,1 Å. A figura a seguir representa um equipamento para a produção de raios X, em que **T** é um tubo de vidro, **G** é um gerador que aquece o filamento de tungstênio **F** (cátodo) e **A** é um alvo metálico que também pode ser de tungstênio.

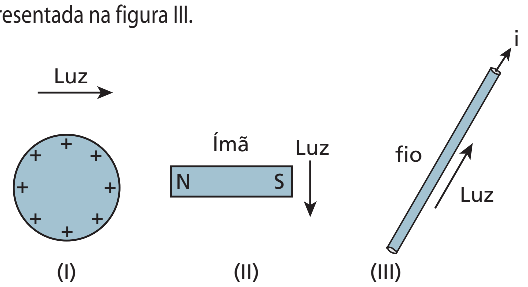


O filamento aquecido libera elétrons (efeito termiônico), que são acelerados pela fonte de alta-tensão e, em seguida, bombardeiam o alvo **A**, ocorrendo aí a produção dos raios X. Do ponto de vista da teoria de Maxwell, como se explica essa produção?

Resposta: Quando atingem o alvo, os elétrons sofrem grande desaceleração. Com isso, perdem energia cinética e emitem ondas eletromagnéticas, no caso, raios X.

2 (Fuvest-SP) Considere três situações em que um raio de luz se desloca no vácuo:

I. nas proximidades de uma esfera carregada eletricamente, representada na figura I.
II. nas proximidades do polo de um ímã, representada na figura II.
III. nas proximidades de um fio percorrido por corrente elétrica **i**, representada na figura III.



Podemos afirmar que o raio de luz:

a) não é desviado em qualquer das três situações.
b) é desviado nas três situações.
c) só é desviado nas situações I e II.
d) só é desviado nas situações II e III.
e) só é desviado na situação I.

Resolução:
A luz, como qualquer outra onda eletromagnética, não interage com campos elétricos nem com campos magnéticos, ao contrário do que acontece com partículas eletrizadas.

Resposta: a

3 (UFPR) Com relação a ondas eletromagnéticas, é **correto** afirmar:

I. Ondas eletromagnéticas podem ser geradas por um circuito elétrico no qual a corrente elétrica varia com o tempo.
II. A reflexão e a refração só ocorrem com ondas eletromagnéticas para frequências correspondentes à luz visível.
III. Os campos elétrico e magnético da luz oscilam perpendicularmente à direção de propagação.
IV. Interferência e difração são fenômenos que ocorrem exclusivamente com as ondas eletromagnéticas.
V. O comprimento de onda da luz vermelha na água é maior que o correspondente comprimento de onda no vácuo.
VI. A formação de arco-íris pode ser explicada pela dispersão da luz solar em gotas de água na atmosfera.

Resolução:

I. Correta. Se a corrente elétrica é variável, a velocidade dos portadores de carga elétrica responsáveis por ela também é variável. Portanto, esses portadores possuem uma **aceleração**.
II. Incorreta. As micro-ondas, por exemplo, sofrem reflexão quando usadas em um radar e sofrem refração quando penetram na água de um recipiente dentro de um forno de micro-ondas.
III. Correta.
IV. Incorreta. Esses fenômenos também ocorrem com ondas mecânicas.
V. Incorreta. Como a velocidade da luz citada é **menor** na água que no vácuo, o mesmo acontece com seu comprimento de onda ($v = \lambda f$ e **f** é igual na água e no vácuo).
VI. Correta.

Resposta: São corretas as afirmações I, III e VI.

4 Faça uma estimativa da temperatura do filamento de uma lâmpada de incandescência, supondo que:

- a potência total irradiada seja Pot = 60 W;
- a emissividade do filamento seja e = 0,30;
- o filamento seja um fio cilíndrico de comprimento $\ell = 20$ cm e seção transversal de raio r = 50 μm.
  Constante de Stefan-Boltzmann: $\sigma = 5{,}7 \cdot 10^{-8}$ (SI)

Resolução:

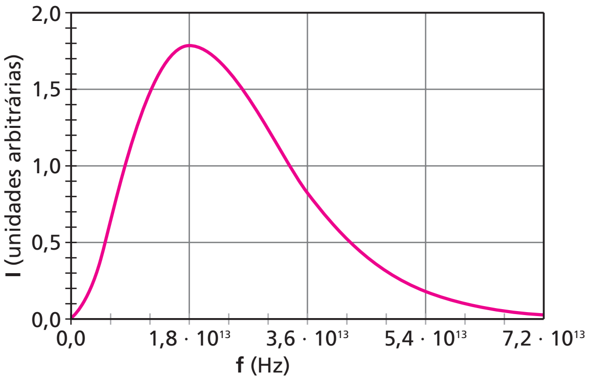
- $Pot = e\,\sigma\,A\,T^4 \Rightarrow T = \sqrt[4]{\dfrac{Pot}{e\,\sigma\,A}}$
- $A = 2\pi\, r\,\ell = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 10^{-2}$
  $A = 6{,}3 \cdot 10^{-5}\ m^2$
- Então:

$$T = \sqrt[4]{\dfrac{60}{(0{,}30) \cdot (5{,}7 \cdot 10^{-8}) \cdot (6{,}3 \cdot 10^{-5})}} \Rightarrow \boxed{T = 2{,}7 \cdot 10^{3}\ K}$$

Resposta: $2{,}7 \cdot 10^3$ K

5 (Unicamp-SP) Todos os corpos trocam energia com seu ambiente por meio da emissão e da absorção de ondas eletromagnéticas em todas as frequências. Um corpo negro é um corpo que absorve toda onda eletromagnética nele incidente e também apresenta a máxima eficiência de emissão. A intensidade das ondas emitidas por um corpo negro só depende da temperatura desse corpo. O corpo humano à temperatura normal de 37 °C pode ser considerado um corpo negro. Considere que a velocidade das ondas eletromagnéticas é igual a $3,0 \cdot 10^8$ m/s.

a) A figura abaixo mostra a intensidade das ondas eletromagnéticas emitidas por um corpo negro a 37 °C em função da frequência. Qual é o comprimento de onda correspondente à frequência para qual a intensidade é máxima?



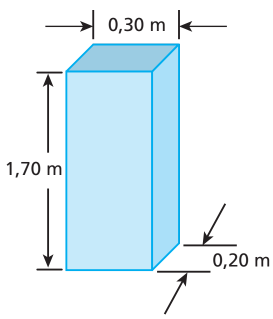
b) Se um corpo negro cuja temperatura absoluta é **T** se encontra em um ambiente cuja temperatura absoluta é T_a, a potência líquida que ele perde por emissão e absorção de ondas eletromagnéticas é dada por $P = \sigma A(T^4 - T_a^4)$, em que **A** é a área da superfície do corpo e $\sigma = 6 \cdot 10^{-8}$ W/(m²K⁴). Usando como referência uma pessoa com 1,70 m de altura e 70 kg de massa, faça uma estimativa da área da superfície do corpo humano. A partir da área estimada, calcule a perda total diária de energia por emissão e absorção de ondas eletromagnéticas por essa pessoa se ela se encontra num ambiente a 27 °C. Aproxime a duração de 1 dia por $9,0 \cdot 10^4$ s.

Resolução:

a) Do gráfico: $f = 1,8 \cdot 10^{13}$ Hz

Como $\lambda = \frac{c}{f}$: $\lambda = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,8 \cdot 10^{13}} \Rightarrow \boxed{\lambda = 1,7 \cdot 10^{-5}\ \text{m}}$

b) • Para a estimativa da área, podemos considerar a pessoa como se fosse um prisma de 1,70 m de altura e base medindo 30 cm · 20 cm:



$A = 2(0,20 \cdot 1,70) + 2(0,30 \cdot 1,70) + 2(0,20 \cdot 0,30) \Rightarrow \boxed{A \simeq 2\ \text{m}^2}$

• $P = \frac{E}{\Delta t} \Rightarrow E = P\,\Delta t = \sigma A(T^4 - T_a^4)\,\Delta t$

$E = (6 \cdot 10^{-8}) \cdot (2) \cdot (310^4 - 300^4) \cdot (9,0 \cdot 10^4)$

$\boxed{E \simeq 1,2 \cdot 10^7\ \text{J}}$

Respostas: a) $1,7 \cdot 10^{-5}$ m; b) $\simeq 2$ m²; $\simeq 1,2 \cdot 10^7$ J

6 Suponha que a pele de uma pessoa esteja na temperatura de 35 °C. Calcule a frequência da radiação mais intensa emitida pela pele. Use: constante da Lei de Wien = $2,9 \cdot 10^{-3}$ mK e velocidade da luz = $3,0 \cdot 10^8$ m/s.

Resolução:

Temos:

$b = 2,9 \cdot 10^{-3}$ mK

$\theta = 35\,°C \Rightarrow T = 35 + 273 \Rightarrow T = 308$ K

Então, pela lei de Wien:

$\lambda_{I_{máx}} = \frac{b}{T} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{308} \Rightarrow \lambda_{I_{máx}} = 9,4 \cdot 10^{-6}$ m

Como $v = \lambda f$:

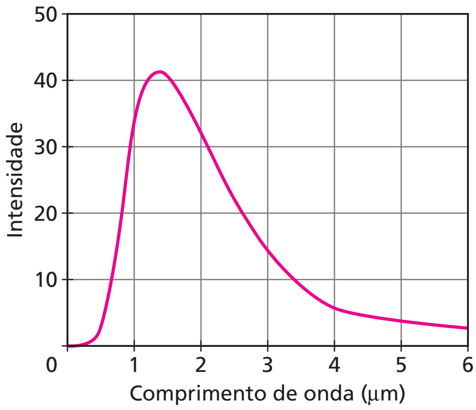
$f = \frac{v}{\lambda_{I_{máx}}} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{9,4 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow \boxed{f = 3,2 \cdot 10^{13}\ \text{Hz}}$

A frequência obtida é de uma radiação infravermelha.

Resposta: $3,2 \cdot 10^{13}$ Hz

7 (UFRN) A radiação térmica proveniente de uma fornalha de altas temperaturas em equilíbrio térmico, usada para fusão de materiais, pode ser analisada por um espectrômetro.

A intensidade da radiação emitida pela fornalha, a uma determinada temperatura, é registrada por esse aparato em função do comprimento de onda da radiação. Daí se obtém a curva espectral apresentada na figura abaixo.



A análise desse tipo de espectro levou o físico alemão Wilhelm Wien, em 1894, a propor que, quando a intensidade da radiação emitida é máxima, o comprimento de onda associado obedece à expressão:

$$\lambda_{máx}\,T \simeq 3 \cdot 10^3\ (\mu\text{m K}),$$

em que $\lambda_{máx}$ é o comprimento de onda do máximo da curva espectral e **T** é a temperatura da fornalha para um determinado espectro.

De acordo com essas informações, é **correto** afirmar que a temperatura da fornalha é, **aproximadamente**:

a) 2 000 K e que $\lambda_{máx}$ aumenta quando a temperatura aumenta.

b) 1 500 K e que $\lambda_{máx}$ diminui quando a temperatura diminui.

c) 2 000 K e que $\lambda_{máx}$ diminui quando a temperatura aumenta.

d) 1 500 K e que $\lambda_{máx}$ aumenta quando a temperatura diminui.

Resolução:

• Do gráfico: $\lambda_{máx} \simeq 1,4\ \mu$m

• $\lambda_{máx}\,T \simeq 3 \cdot 10^3\ \mu\text{m} \cdot \text{K} \Rightarrow 1,4\ \mu\text{m} \cdot T \simeq 3 \cdot 10^3\ \mu\text{m} \cdot \text{K}$

$\boxed{T \simeq 2000\ \text{K}}$

Resposta: c

8 (UFG-GO) Para explicar o efeito fotoelétrico, Einstein, em 1905, apoiou-se na hipótese de que:

a) a energia das radiações eletromagnéticas é quantizada.
b) o tempo não é absoluto, mas depende do referencial em relação ao qual é medido.
c) os corpos contraem-se na direção de seu movimento.
d) os elétrons em um átomo somente podem ocupar determinados níveis discretos de energia.
e) a velocidade da luz no vácuo corresponde à máxima velocidade com que se pode transmitir informações.

Resposta: a

9 Com relação ao efeito fotoelétrico, julgue as seguintes afirmações:

01. A ocorrência desse efeito depende da frequência, e não da intensidade da radiação utilizada.
02. É possível que esse efeito ocorra com luz azul fraca e não ocorra com luz vermelha intensa.
04. A velocidade com que um elétron é ejetado depende da frequência da radiação usada, mas não de sua intensidade.
08. Supondo que o fenômeno ocorre em uma determinada região de uma placa metálica, o número de elétrons extraídos depende da intensidade da luz utilizada.
16. Para uma determinada radiação incidente, a velocidade dos elétrons ejetados depende do metal usado na experiência.

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

Resolução:
Estão corretas todas as afirmações. Soma: 31.

Resposta: 31

10 (UEPB) Em 1905, Albert Einstein apresentou seu trabalho referente ao efeito fotoelétrico. Este explicou, com base na hipótese de Max Planck apresentada em 1900, segundo a qual a radiação térmica emitida por um corpo negro é constituída por *quanta* de energia, que a energia dos elétrons emitidos por uma placa metálica iluminada depende apenas da frequência da luz incidente. Naquele período, constatou-se que, para alguns fenômenos que ocorrem com a luz, ela se comporta como onda produzindo interferência (como no experimento da dupla fenda de Young). Entretanto, em outros fenômenos ela apresenta comportamento de partícula (como no efeito fotoelétrico). Diz-se então que a luz possui uma natureza dual: ora se comporta como uma onda, ora se comporta como partícula. A respeito da dualidade onda-partícula da luz, apresentam-se as seguintes proposições:

I. O comportamento ondulatório e o comportamento corpuscular da luz são simultâneos.
II. O comportamento ondulatório da luz exclui seu comportamento corpuscular.
III. O comportamento ondulatório e o comportamento corpuscular da luz são equivalentes.

Com relação às proposições apresentadas, é **correto** afirmar que:

a) apenas II é verdadeira.
b) II e III são verdadeiras.
c) apenas I é verdadeira.
d) I e III são verdadeiras.
e) apenas III é verdadeira.

Resolução:
Pelo Princípio da Complementaridade de Bohr, a luz assim como as demais radiações eletromagnéticas, nunca exibe os dois comportamentos **simultaneamente**.

Resposta: a

11 (UFMG) O eletroscópio é um aparelho utilizado para detectar cargas elétricas. Ele é constituído de uma placa metálica, que é ligada a duas lâminas metálicas finas por uma haste condutora elétrica. As duas lâminas podem se movimentar, afastando-se ou aproximando-se uma da outra.
A Figura I mostra um eletroscópio eletricamente descarregado e a Figura II, o mesmo eletroscópio carregado.

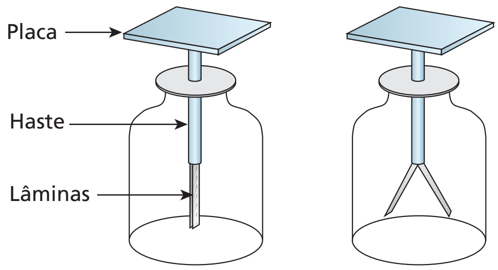


Figura I Figura II

1. Explique por que as lâminas de um eletroscópio se separam quando ele está carregado.
2. Considerando um eletroscópio inicialmente descarregado, explique:
   a) por que as lâminas se afastam quando luz branca incide sobre a placa.
   b) por que as lâminas **não** se movem quando luz monocromática vermelha incide sobre a placa.

Respostas: 1. As lâminas estão eletrizadas com cargas de mesmo sinal e, portanto, se repelem; 2. a) Elétrons são extraídos das lâminas, que se eletrizam positivamente e se repelem (efeito fotoelétrico); b) A energia dos fótons de luz vermelha é insuficiente para produzir o efeito fotoelétrico.

12 E.R. A mínima frequência que uma radiação precisa ter para extrair elétrons de uma placa de tungstênio é igual a $1,1 \cdot 10^{15}$ Hz. Sendo $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js a constante de Planck, $c = 3,0 \cdot 10^{8}$ m/s a velocidade das ondas eletromagnéticas no vácuo e $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg a massa do elétron, calcule:

a) a função trabalho para o tungstênio, em joules e em elétron-volts;
b) a energia cinética máxima e a velocidade máxima dos elétrons emitidos pelo tungstênio, no vácuo, quando nele incide uma radiação de comprimento de onda igual a 0,18 μm.

Resolução:

a) A função trabalho é dada por:

$$A = h\, f_{mín} = (6,63 \cdot 10^{-34}) \cdot (1,1 \cdot 10^{15})$$

$$\boxed{A = 7,3 \cdot 10^{-19}\ J}$$

Como $1\ eV = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J, temos:

$$\left.\begin{array}{l} 1,6 \cdot 10^{-19}\ J \rightarrow 1\ eV \\ 7,3 \cdot 10^{-19}\ J \rightarrow A \end{array}\right. \Rightarrow \boxed{A = 4,6\ eV}$$

b) Vamos calcular a energia **E** de um fóton da radiação incidente.
Da Ondulatória temos que a relação entre **v** (velocidade de propagação), **λ** (comprimento de onda) e **f** (frequência), para qualquer onda periódica é $v = \lambda f$.

Fazendo $v = c$, temos que $f = \frac{c}{\lambda}$. Então:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

Sendo $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Js, $c = 3{,}0 \cdot 10^{8}$ m/s e
$\lambda = 0{,}18\ \mu m = 0{,}18 \cdot 10^{-6}$ m, vem:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6{,}63 \cdot 10^{-34}) \cdot (3{,}0 \cdot 10^{8})}{0{,}18 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow E = 11 \cdot 10^{-19}\ J$$

Vamos, agora, usar a equação do efeito fotoelétrico:

$$E = E_{c_{máx}} + A$$

$$11 \cdot 10^{-19} = E_{c_{máx}} + 7{,}3 \cdot 10^{-19} \Rightarrow \boxed{E_{c_{máx}} = 3{,}7 \cdot 10^{-19}\ J}$$

Conhecida a energia cinética máxima dos elétrons, calculamos a velocidade máxima:

$$E_{c_{máx}} = \frac{m\,v_{máx}^2}{2} \Rightarrow v_{máx} = \sqrt{\frac{2E_{cmáx}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (3{,}7 \cdot 10^{-19})}{9{,}1 \cdot 10^{-31}}}$$

$$\boxed{v_{máx} = 9{,}0 \cdot 10^{5}\ m/s}$$

13 (UFSC) Indique as afirmativas **corretas** e some os valores respectivos para dar a resposta.
Com relação ao efeito fotoelétrico é **correto** afirmar que:
01. em uma célula fotoelétrica, a velocidade dos fotoelétrons emitidos aumenta, quando diminuímos o comprimento de onda da radiação luminosa utilizada para provocar o fenômeno.
02. em uma célula fotoelétrica, a velocidade dos fotoelétrons emitidos aumenta, quando aumentamos o comprimento de onda da radiação luminosa utilizada para provocar o fenômeno.
04. em uma célula fotoelétrica, a velocidade dos fotoelétrons emitidos será maior, se utilizarmos, para provocar o fenômeno, luz vermelha forte, em vez de luz violeta fraca.
08. em uma célula fotoelétrica, a energia cinética dos elétrons arrancados da superfície do metal depende da frequência da luz incidente.
16. em uma célula fotoelétrica, a energia cinética dos elétrons arrancados da superfície do metal depende da intensidade da luz incidente.
32. a emissão de fotoelétrons por uma placa fotossensível só pode ocorrer quando a luz incidente tem comprimento de onda igual ou menor que certo comprimento de onda crítico e característico para cada metal.

Resolução:
01. Correta: $E = h\,f = \frac{hc}{\lambda}$
$\boldsymbol{\lambda}$ menor $\Rightarrow$ **E** maior $\Rightarrow$ E_c maior $\Rightarrow$ **v** maior.
02. Incorreta.
04. Incorreta.
08. Correta.
16. Incorreta: a intensidade só influi na quantidade de elétrons extraídos.
32. Correta. A energia **E** do fóton tem de ser maior ou igual (caso crítico) à função trabalho, que é uma característica do metal:

$$E \geqslant A \Rightarrow h\,f \geqslant h\,f_{mín} \Rightarrow f \geqslant f_{mín} \Rightarrow \boxed{\lambda \leqslant \lambda_{mín}}$$

Resposta: 41

14 Considerando a constante de Planck igual a $6{,}6 \cdot 10^{-34}$ Js, calcule, em joules, a energia do fóton:
a) de luz violeta de frequência igual a $7{,}7 \cdot 10^{14}$ Hz.
b) de radiação $\boldsymbol{\gamma}$ de frequência igual a $5{,}0 \cdot 10^{21}$ Hz (essa radiação é emitida por núcleos instáveis de átomos radiativos, quando se desintegram).

Resolução:
a) $E = h\,f = 6{,}6 \cdot 10^{-34} \cdot 7{,}7 \cdot 10^{14} \Rightarrow \boxed{E = 5{,}1 \cdot 10^{-19}\ J}$

b) $E = h\,f = 6{,}6 \cdot 10^{-34} \cdot 5{,}0 \cdot 10^{21} \Rightarrow \boxed{E = 3{,}3 \cdot 10^{-12}\ J}$

Respostas: a) $5{,}1 \cdot 10^{-19}$ J; b) $3{,}3 \cdot 10^{-12}$ J

15 (UFPA) A função trabalho de um certo material é 4,2 eV. O comprimento de onda, em Å, da luz capaz de produzir efeito fotoelétrico, tendo os fotoelétrons emitidos energia cinética máxima de 2,0 eV, é aproximadamente (constante de Planck igual a $6{,}6 \cdot 10^{-34}$ Js):
a) 2 000 b) 1 000 c) 200 d) 100 e) 0,2

Resolução:
$A = 4{,}2$ eV
$E_{c_{máx}} = 2{,}0$ eV
$E = E_{c_{máx}} + A = 2{,}0 + 4{,}2 \Rightarrow E = 6{,}2$ eV
$1\ eV \rightarrow 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J
$6{,}2\ eV \rightarrow E$
$E = 9{,}92 \cdot 10^{-19}$ J
$E = h\,f = \frac{hc}{\lambda}$
$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{(6{,}6 \cdot 10^{-34}) \cdot (3{,}0 \cdot 10^{8})}{9{,}92 \cdot 10^{-19}}$
$\lambda = 2{,}0 \cdot 10^{-7}\ m = 2{,}0 \cdot 10^{-7}\ (10^{10}\ Å) \Rightarrow \lambda = 2{,}0 \cdot 10^{3}\ Å$

Resposta: a

16 (Ufop-MG) A função trabalho do sódio é 2,3 eV.
Dados: constante de Planck $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ Js;
$1\ eV = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J.
Pede-se:
a) calcular a frequência limiar mínima da luz incidente na superfície de uma amostra de sódio para que ocorra emissão de fotelétrons.
b) calcular a energia máxima dos fotelétrons, se o sódio for iluminado com luz de frequência $2{,}2 \cdot 10^{15}$ Hz.

Resolução:
a) $A = 2{,}3\ eV = 2{,}3 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J
$h\,f_{mín} = A \Rightarrow f_{mín} = \frac{A}{h} = \frac{2{,}3 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{6{,}63 \cdot 10^{-34}}$
$\boxed{f_{mín} = 5{,}6 \cdot 10^{14}\ Hz}$

b) $h\,f_{mín} = A + E_{c_{máx}} \Rightarrow E_{c_{máx}}\ h\,f - A$
$E_{c_{máx}} = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 2{,}2 \cdot 10^{15} - 2{,}3 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}$
$E_{c_{máx}} = 1{,}46 \cdot 10^{-18} - 3{,}68 \cdot 10^{-19}$
$\boxed{E_{c_{máx}} = 1{,}1 \cdot 10^{-18}\ J}$

Resposta: a) $5{,}6 \cdot 10^{14}$ Hz; b) $1{,}1 \cdot 10^{-18}$ J

17 (Unicamp-SP) O efeito fotoelétrico, cuja descrição por Albert Einstein completou 100 anos em 2005 (ano internacional da Física), consiste na emissão de elétrons por um metal no qual incide um feixe de luz. No processo, “pacotes” bem definidos de energia luminosa, chamados fótons, são absorvidos um a um pelos elétrons do metal. O valor da energia de cada fóton é dado por $E_{fóton} = h\,f$, em que $h = 4 \cdot 10^{-15}$ eV · s é a chamada constante de Planck e **f** é a frequência da luz incidente. Um elétron só será emitido do interior do metal se a energia do fóton absorvido for maior que uma energia mínima. Para os elétrons mais fracamente ligados ao metal, essa energia mínima é chamada função trabalho **W** e varia de metal para metal (ver a tabela a seguir). Considere c = 300 000 km/s.

a) Calcule a energia do fóton (em eV), quando o comprimento de onda da luz incidente for $5 \cdot 10^{-7}$ m.
b) A luz de $5 \cdot 10^{-7}$ m é capaz de arrancar elétrons de quais dos metais apresentados na tabela?
c) Qual será a energia cinética de elétrons emitidos pelo potássio, se o comprimento de onda da luz incidente for $3 \cdot 10^{-7}$ m? Considere os elétrons mais fracamente ligados do potássio e que a diferença entre a energia do fóton absorvido e a função trabalho **W** é inteiramente convertida em energia cinética.

Metal	W (eV)
césio	2,1
potássio	2,3
sódio	2,8

Resolução:

a) $E_{fóton} = h\,f = \frac{h\,c}{\lambda} = \frac{4 \cdot 10^{-15}\text{ eV s} \cdot 3 \cdot 10^{8}\text{ m/s}}{5 \cdot 10^{-7}\text{ m}}$

$\boxed{E_{fóton} = 2{,}4\text{ eV}}$

b) $E_{fóton}$ é maior que a função trabalho **W** dos seguintes metais da tabela:

$\boxed{\text{césio e potássio}}$

c) $E_{c_{máx}} = E_{fóton} - W = \frac{h\,c}{\lambda} - W$

$E_{c_{máx}} = \frac{4 \cdot 10^{-15} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{3 \cdot 10^{-7}} - 2{,}3 \Rightarrow \boxed{E_{c_{máx}} = 1{,}7\text{ eV}}$

Respostas: a) 2,4 eV; b) Césio e potássio; c) 1,7 eV

18 (UFPI) Uma radiação monocromática com comprimento de onda de 600 nm e uma potência de 0,54 W incide em uma célula fotoelétrica de sódio, cuja função trabalho é 2,8 eV. Assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, o número de fótons por segundo, que se propaga na radiação, e a frequência de corte para o sódio.
(**Dados:** 1 eV = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J; h = $6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Js; c = $3{,}0 \cdot 10^{8}$ m/s.)

a) $1{,}63 \cdot 10^{17}$ fótons; $4{,}4 \cdot 10^{14}$ Hz.
b) $1{,}63 \cdot 10^{18}$ fótons; $4{,}4 \cdot 10^{14}$ Hz.
c) $2{,}18 \cdot 10^{18}$ fótons; $4{,}4 \cdot 10^{14}$ Hz.
d) $2{,}18 \cdot 10^{18}$ fótons; $6{,}7 \cdot 10^{14}$ Hz.
e) $1{,}63 \cdot 10^{18}$ fótons; $6{,}7 \cdot 10^{14}$ Hz.

Resolução:

- $x = 600\text{ nm} = 600 \cdot 10^{-9}\text{ m} = 6{,}00 \cdot 10^{-7}\text{ m}$
  Pot = 0,54 W
  $\text{Pot} = \frac{n\,E}{\Delta t} = \frac{n\,h\,f}{\Delta t} = \frac{n\,h\,c}{\Delta t\,\lambda} \Rightarrow \frac{n}{\Delta t} = \frac{\lambda\,\text{Pot}}{h\,c}$
  $\frac{n}{\Delta t} = \frac{6{,}00 \cdot 10^{-7} \cdot 0{,}54}{6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 3{,}0 \cdot 10^{8}} \Rightarrow \boxed{\frac{n}{\Delta t} = 1{,}63 \cdot 10^{18}\text{ fótons/s}}$
- $A = 2{,}8\text{ eV} = 4{,}48 \cdot 10^{-19}\text{ J}$
  $A = h\,f_{mín} \Rightarrow f_{mín} = \frac{A}{h} = \frac{4{,}48 \cdot 10^{-19}}{6{,}63 \cdot 10^{-34}}$
  $\boxed{f_{mín} = 6{,}8 \cdot 10^{14}\text{ Hz}}$

Resposta: e

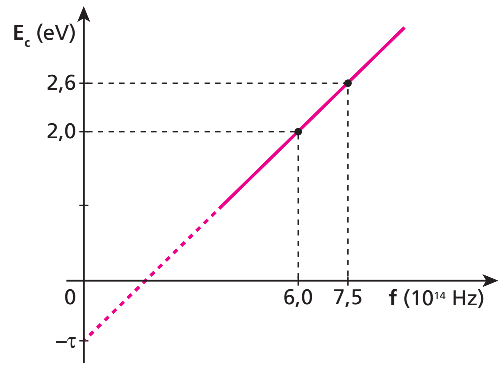
19 (UFPA) Por meio de ondas eletromagnéticas a Terra recebe radiação solar a uma taxa de 2,0 cal/min para cada cm² de sua superfície. Admitindo para essas ondas eletromagnéticas um comprimento de onda médio de 5 800 Å, calcule em eletronvolt a energia correspondente a um fóton dessa radiação e também o número de fótons por minuto que atinge uma área de 1 cm² sobre a Terra. Adote: constante de Planck = $6{,}6 \cdot 10^{-34}$ J · s, 1 cal = 4,2 J e 1 Å = 10^{-10} m.

Resolução:

- Cada cm² da superfície recebe, em cada minuto, 2,0 cal:
  $2{,}0\text{ cal} = 2{,}0 \cdot 4{,}2\text{ J} = 8{,}4\text{ J}$
  $\left.\begin{array}{l} 1{,}6 \cdot 10^{-19}\text{ J} \rightarrow 1\text{ eV} \\ 8{,}4\text{ J} \rightarrow x \end{array}\right\} \Rightarrow x = 5{,}25 \cdot 10^{19}\text{ eV}$
- $\lambda = 5\,800\text{ Å} = 5\,800 \cdot 10^{-10}\text{ m} = 5{,}8 \cdot 10^{-7}\text{ m}$
  $E = h\,f = \frac{h\,c}{\lambda}$
  $E = \frac{(6{,}6 \cdot 10^{-34}) \cdot (3{,}0 \cdot 10^{8})}{5{,}8 \cdot 10^{-7}} \Rightarrow E = 3{,}4 \cdot 10^{-19}\text{ J}$
  $\left.\begin{array}{l} 1{,}6 \cdot 10^{-19}\text{ J} \rightarrow 1\text{EV} \\ 3{,}4 \cdot 10^{-19}\text{ J} \rightarrow E \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{E = 2{,}1\text{ eV}}$
- Em cada minuto, 1 cm² da superfície recebe **n** fótons correspondentes à energia de $5{,}25 \cdot 10^{19}$ eV:
  2,1 eV ⇒ 1 fóton
  $5{,}25 \cdot 10^{19}$ eV ⇒ n fótons
  $n = 2{,}5 \cdot 10^{19}$

Resposta: 2,1 eV; $2{,}5 \cdot 10^{19}$ fótons

20 (UFC-CE) O gráfico mostrado abaixo resultou de uma experiência na qual a superfície metálica de uma célula fotoelétrica foi iluminada, separadamente, por duas fontes de luz monocromática distintas, de frequências $f_1 = 6{,}0 \cdot 10^{14}$ Hz e $f_2 = 7{,}5 \cdot 10^{14}$ Hz, respectivamente.



As energias cinéticas máximas, $E_{c_1} = 2{,}0$ eV e E_{c_2} 2,6 eV, dos elétrons arrancados do metal, pelos dois tipos de luz, estão indicadas no gráfico. A reta que passa pelos dois pontos experimentais do gráfico obedece à relação estabelecida por Einstein para o efeito fotoelétrico, ou seja, $E_c = h\,f - \tau$, em que **h** é a constante de Planck e **τ** é a chamada função trabalho, característica de cada material. Baseando-se na relação de Einstein, o valor calculado de **τ** em eV, é

a) 0,4 b) 1,6 c) 1,8 d) 2,0 e) 2,3

Resolução:

- Determinação de **h** (coeficiente angular da reta):
  $h = \frac{(2{,}6 - 2{,}0)\text{ eV}}{(7{,}5 - 6{,}0) \cdot 10^{14}\text{ Hz}} = \frac{0{,}6\text{ eV}}{1{,}5 \cdot 10^{14}\text{Hz}}$

• Usando, por exemplo, E_{c_1}, temos:

$E_{c_1} = h\,f_1 - \tau \;\Rightarrow\; \tau = h\,f_1 - E_{c_1}$

$\tau = \dfrac{0{,}6\text{ eV}}{1{,}5 \cdot 10^{14}\text{ Hz}} \cdot 6{,}0 \cdot 10^{14}\text{ Hz} - 2{,}0\text{ eV} \;\Rightarrow\; \boxed{\tau = 0{,}4\text{ eV}}$

Resposta: a

21 Uma gota de água de volume igual a 0,20 mL é aquecida, no ar, por radiação de comprimento de onda igual a 7 500 Å, absorvendo $1{,}0 \cdot 10^{18}$ fótons por segundo. Calcule o intervalo de tempo necessário para que a temperatura dessa gota sofra uma elevação de 1,0 K (1,0 °C).

Dados: calor específico da água = $4{,}2 \cdot 10^3$ J/kgK;
densidade da água = $1{,}0 \cdot 10^3$ kg/m³;
constante de Planck = $6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Js;
$c = 3{,}0 \cdot 10^8$ m/s.

Resolução:

• $v = 0{,}20\text{ m}\ell = 0{,}20 \cdot 10^{-6}\text{ m}^3$

$\mu = \dfrac{m}{V} \Rightarrow m = \mu V = (1{,}0 \cdot 10^3) \cdot (0{,}20 \cdot 20^{-6})$

$m = 2{,}0 \cdot 10^{-4}$ kg

$\lambda = 7500\text{ Å} = 7500 \cdot 10^{-10}\text{ m} = 7{,}5 \cdot 10^{-7}\text{ m}$

• Número de fótons absorvidos num intervalo de tempo Δt:

$n = 1{,}0 \cdot 10^{18}\,\Delta t$

• Energia desses **n** fótons:

$Q = n\,h\,f = 1{,}0 \cdot 10^{18}\,\Delta t\,h\,f = 1{,}0 \cdot 10^{18}\,\Delta t\,\dfrac{hc}{\lambda} =$

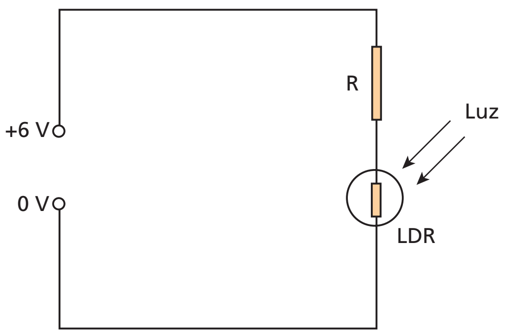
• $Q = m\,c_á\,\Delta\theta \Rightarrow 1{,}0 \cdot 10^{18}\,\Delta t\,\dfrac{hc}{\lambda} = m\,c_á\,\Delta\theta$

$\Delta t = \dfrac{m\,c_á\,\Delta\theta\,\lambda}{1{,}0 - 10^{18}\,h\,c} = \dfrac{(2{,}0 \cdot 10^{-4}) \cdot (4{,}2 \cdot 10^3) \cdot (1{,}0) \cdot (7{,}5 \cdot 10^{-7})}{(1{,}0 \cdot 10^{18}) \cdot (6{,}63 \cdot 10^{-34}) \cdot (3{,}0 \cdot 10^8)}$

$\Delta t = 3{,}2$ s

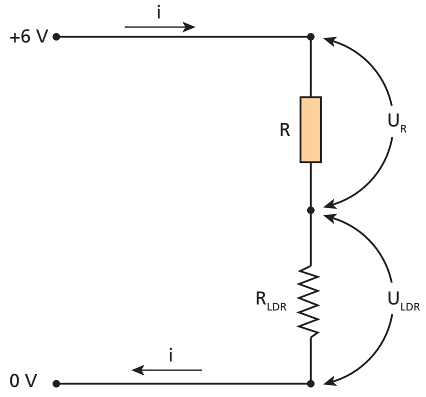
Resposta: 3,2 s

22 (ITA-SP) Certos resistores quando expostos à luz variam sua resistência. Tais resistores são chamados LDR (do inglês: *Light Dependent Resistor*). Considere um típico resistor LDR feito de sulfeto de cádmio, o qual adquire uma resistência de aproximadamente 100 Ω quando exposto à luz intensa, e de 1 MΩ quando na mais completa escuridão. Utilizando esse LDR e um resistor de resistência fixa **R** para construir um divisor de tensão, como mostrado na figura, é possível converter a variação da resistência em variação de tensão sobre o LDR, com o objetivo de operar o circuito como um interruptor de corrente (circuito de chaveamento). Para esse fim, deseja-se que a tensão através do LDR, quando iluminado, seja muito pequena comparativamente à tensão máxima fornecida e que seja de valor muito próxima ao desta, no caso do LDR não iluminado. Qual dos valores de **R** abaixo é o mais conveniente para que isso ocorra?



a) 100 Ω b) 1 MΩ c) 10 kΩ d) 10 MΩ e) 10 Ω

Resolução:



LDR iluminado: $R_{LDR} \simeq 100\ \Omega$

Para que U_{LDR} seja muito menor que 6 V, U_R deve ser aproximadamente igual a 6 V.

Para isso, lembrando que U = R i, devemos ter **R** muito maior que 100 Ω:

R >> 100 Ω

LDR não-iluminado: $R_{LDR} \simeq 1\ \text{M}\Omega$

Para que U_{LDR} seja aproximadamente igual a 6 V, U_R deve ser desprezível. Para isso, lembrando que U = R i, devemos ter R_{LDR} muito maior que **R**, ou seja:

R << 1 MΩ

Dentre os valores apresentados nas alternativas, o único que satisfaz as duas condições é:

R = 10 kΩ

Resposta: c

23 (UFBA) Em 1905, Albert Einstein explicou teoricamente o efeito fotoelétrico e, em carta a um amigo, reconheceu ser esse "um trabalho revolucionário". Atualmente, esse efeito é muito utilizado em alarmes de raios *laser* e no acendimento automático da iluminação pública, dentre outras aplicações.

A equação que, segundo Einstein, explica esse efeito é escrita como $E_{cinética} = h\,f - \tau$, na qual:

• $E_{cinética}$ é a energia cinética máxima dos elétrons arrancados da superfície;
• **f** é a frequência da onda eletromagnética incidente;
• **h** é uma constante universal proposta, pela primeira vez, pelo físico alemão Max Planck;
• **τ** é a função trabalho.

A função trabalho é a quantidade mínima de energia necessária para arrancar um elétron da superfície. A quantidade h f representa a energia de uma "partícula de luz" – um fóton. Estava, então, colocada a dualidade onda-partícula.

Um experimento, para determinar a constante de Planck, pode ser realizado usando-se a equação de Einstein. Em um capacitor de placas paralelas, no vácuo, os elétrons são arrancados da placa positiva, fazendo-se incidir nela uma onda eletromagnética, luz ou radiação ultravioleta.

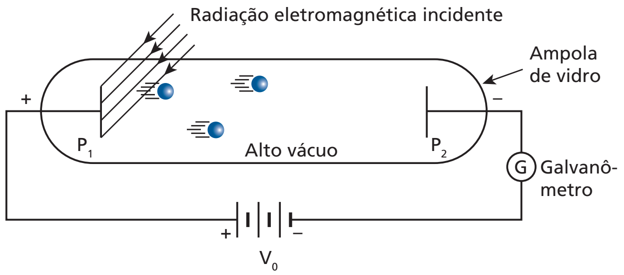
O aparecimento de uma corrente elétrica indica o fluxo desses elétrons entre as placas do capacitor. Uma diferença de potencial V_0 aplicada entre as placas do capacitor é ajustada o suficiente para fazer com que a corrente desapareça e, nesse caso, tem-se que $eV_0 = E_{cinética}$, em que **e** é a carga do elétron.

O resultado desse experimento realizado em uma superfície de cobre é expresso na tabela.

Com base nessas informações e nos dados da tabela, determine a constante de Planck, **h**, e a função trabalho **τ**, do cobre, considerando-se $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

f (10^{14} Hz)	V_0 (V)
5,5	0,4
7,0	1,0
9,5	2,0

Resolução:
Quando a corrente no galvanômetro se anula, os fotelétrons, ejetados da placa P_1 com energia cinética máxima E_{c_1}, chegam à placa P_2 com energia cinética E_{c_2} igual a zero:



Nessa situação, o módulo da ddp entre as placas, denominado "potencial" de corte, é igual a V_0.
Sendo **e** a carga elementar, temos, para um fotoelétron que vai de P_1 a P_2:

$$\tau_{F_e} = E_{c_2} - E_{c_1}$$
$$-e\,V_0 = 0 - E_{c_1} \Rightarrow E_{c_1} = e\,V_0$$

• $E_{c_1} = h\,f - \tau \Rightarrow \boxed{e\,V_0 = h\,f - \tau}$

Para $f = 5,5 \cdot 10^{14}$ Hz, $V_0 = 0,4$ V:
$(1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot (0,4) = h\,(5,5 \cdot 10^{14}) - \tau$ (I)

Para $f = 7,0 \cdot 10^{14}$ Hz, $V_0 = 1,0$ V:
$(1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot (1,0) = h\,(7,0 \cdot 10^{14}) - \tau$ (II)

Fazendo (2) – (1), vem:
$(1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot (0,6) = h\,(1,5 \cdot 10^{14}) \Rightarrow \boxed{h = 6,4 \cdot 10^{-34}\ \text{Js}}$

• Substituindo **h** em (I) ou (II), obtemos:

$\boxed{\tau = 2,9 \cdot 10^{-19}\ \text{J}}$

Resposta: $h = 6,4 \cdot 10^{-34}$ Js; $\tau = 2,9 \cdot 10^{-19}$ J

24 (UFRN) Uma das aplicações do efeito fotoelétrico é o visor noturno, aparelho de visão sensível à radiação infravermelha, ilustrado na figura a seguir. Um aparelho desse tipo foi utilizado por membros das forças especiais norte-americanas para observar supostos integrantes da rede al-Qaeda. Nesse tipo de equipamento, a radiação infravermelha atinge suas lentes e é direcionada para uma placa de vidro revestida de material de baixa função de trabalho (**W**). Os elétrons arrancados desse material são "transformados", eletronicamente, em imagens. A teoria de Einstein para o efeito fotoelétrico estabelece que:

$E_c = h\,f - W$
sendo:
E_c a energia cinética máxima de um fotoelétron;
$h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Js a constante de Planck;
f a frequência da radiação incidente.


Sérgio Dotta Jr./The Next

Foto ilustrativa de um visor noturno.

Considere que um visor noturno recebe radiação de frequência $f = 2,4 \cdot 10^{14}$ Hz e que os elétrons mais rápidos ejetados do material têm energia cinética $E_c = 0,90$ eV. Sabe-se que a carga do elétron é $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C e 1 eV $= 1,6 \cdot 10^{-19}$ J.
Baseando-se nessas informações, calcule:

a) a função de trabalho (**W**) do material utilizado para revestir a placa de vidro desse visor noturno, em eV;
b) o potencial de corte (V_0) desse material para a frequência (**f**) da radiação incidente.

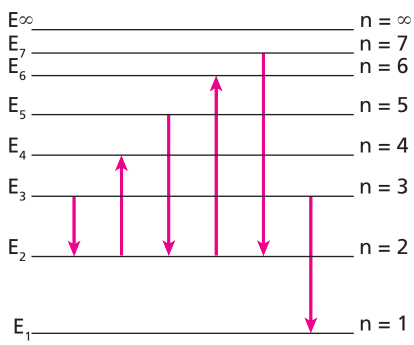
Resolução:
a) $h\,f = (6,6 \cdot 10^{-34}) \cdot (2,4 \cdot 10^{14}) \Rightarrow h\,f = 1,6 \cdot 10^{-19}\ \text{J} = 1,0\ \text{eV}$

$E_c = h\,f - W \Rightarrow 0,90 = 1,0 - W \Rightarrow \boxed{W = 0,1\ \text{eV}}$

b) $e\,V_0 = E_c \Rightarrow 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot V_0 = 0,90 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow \boxed{V_0 = 0,90\ \text{V}}$

Respostas: a) 0,1 eV; b) 0,90 V

25 E.R. O esquema seguinte representa algumas das possíveis transições do átomo de hidrogênio. Nesse esquema, $n = \infty$ significa que o elétron foi removido do átomo, ou seja, o átomo está ionizado.
Dado: constante de Planck: $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J s



a) Calcule, em elétron-volt, a energia E_n associada a cada nível quântico **n**, indicado no esquema.
b) Observe os sentidos das transições indicadas e determine quais indicam que o elétron absorve energia.
c) Considerando as transições indicadas, calcule a menor frequência que uma radiação emitida pelo átomo pode ter.
d) Estando o elétron no estado fundamental, calcule a mínima energia necessária para ionizar o átomo.

Resolução:

a) Os níveis de energia possíveis são dados pela expressão:

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2}\ eV$$

Substituindo nela os valores n = 1, n = 2, n = 3, n = 4, n = 5, n = 6, n = 7 e n = ∞, obtemos:

$E_1 = -13,6\ eV$	$E_5 = -0,54\ eV$
$E_2 = -3,40\ eV$	$E_6 = -0,38\ eV$
$E_3 = -1,51\ eV$	$E_7 = -0,28\ eV$
$E_4 = -0,85\ eV$	$E_\infty = 0\ eV$

b) Quando o elétron absorve energia, ele passa para um nível de energia maior. Isso ocorre nas transições:

De n = 2 para n = 4 e
de n = 2 para n = 6

c) Para haver emissão de radiação, a transição deve ocorrer de um nível de energia mais alto para um mais baixo.
Vamos calcular as energias **E** possíveis dos fótons emitidos:

Transição	E
De n = 3 para n = 2	$E = E_3 - E_2 = (-1,51\ eV) - (-3,40\ eV) = 1,89\ eV$
De n = 5 para n = 2	$E = E_5 - E_2 = (-0,54\ eV) - (-3,40\ eV) = 2,86\ eV$
De n = 7 para n = 2	$E = E_7 - E_2 = (-0,28\ eV) - (-3,40\ eV) = 3,12\ eV$
De n = 3 para n = 1	$E = E_3 - E_1 = (-1,51\ eV) - (-13,6\ eV) = 12,09\ eV$

Observe que a **menor** energia possível para o fóton emitido é igual a 1,89 eV e, como E = hf, a frequência correspondente também é a menor.
Precisamos converter 1,89 eV em J:

$$E = 1,89\ eV = 1,89 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}\ J = 3,02 \cdot 10^{-19}\ J$$

Então:

$$E = hf \Rightarrow f = \frac{E}{h} = \frac{3,02 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}}$$

$$\boxed{f = 4,6 \cdot 10^{14}\ Hz}$$

d) O elétron precisa receber, no mínimo, a energia necessária para passar de n = 1 ($E_1 = -13,6$ eV) para n = ∞ (E = 0).
Portanto:

A mínima energia necessária é igual a +13,6 eV.

26 (UFRGS-RS) No início do século XX, as teorias clássicas da Física – como o eletromagnetismo, de Maxwell, e a mecânica, de Newton – não conduziam a uma explicação satisfatória para a dinâmica do átomo. Nessa época, duas descobertas históricas tiveram lugar: o experimento de Rutherford demonstrou a existência do núcleo atômico e a interpretação de Einstein para o efeito fotoelétrico revelou a natureza corpuscular da interação da luz com a matéria. Em 1913, incorporando o resultado dessas descobertas, Bohr propôs um modelo atômico que obteve grande sucesso, embora não respeitasse as leis da física clássica.
Considere as seguintes afirmações sobre a dinâmica do átomo.

I. No átomo, os raios das órbitas dos elétrons podem assumir um conjunto contínuo de valores, tal como os raios das órbitas dos planetas em torno do Sol.
II. O átomo pode existir, sem emitir radiação, em estados estacionários cujas energias só podem assumir um conjunto discreto de valores.
III. O átomo absorve ou emite radiação somente ao passar de um estado estacionário para outro.

Quais dessas afirmações foram adotadas por Bohr como postulados para o seu modelo atômico?

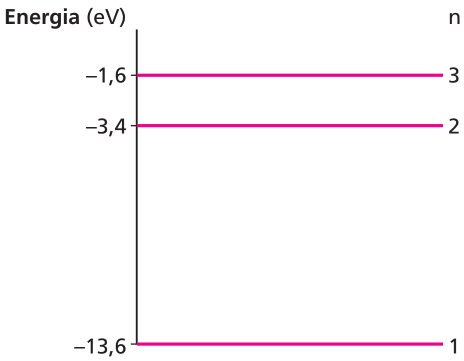
a) Apenas I.
b) Apenas II.
c) Apenas III.
d) Apenas II e III.
e) I, II e III.

Resolução:

I. Não foi. Quanto maior é o raio da órbita do elétron, maior é a sua energia. Como essa energia só pode ter determinados valores, o mesmo acontece com os raios das órbitas.
II. Foi.
III. Foi.

Resposta: d

27 (UFRGS-RS) O diagrama abaixo representa alguns níveis de energia do átomo de hidrogênio.



Qual é a energia do fóton emitido quando o átomo sofre uma transição do primeiro estado excitado para o estado fundamental?

a) 1,8 eV
b) 5,0 eV
c) 10,2 eV
d) 12,0 eV
e) 17,0 eV

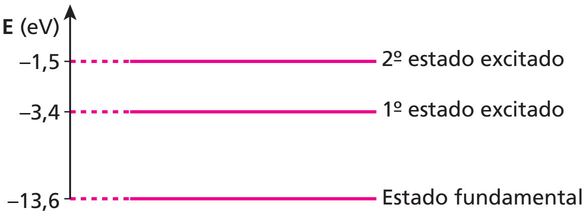
Resolução:

$E = E_2 - E_1 = (-3,4) - (-13,6)$

$$\boxed{E = 10,2\ eV}$$

Resposta: c

28 (Olimpíada Paulista de Física) Um elétron de um átomo de hidrogênio, ao passar de um estado quântico para outro, emite ou absorve fóton. Na figura abaixo, representamos os três primeiros níveis de energia do átomo de hidrogênio.



Considere três fótons f_1, f_2 e f_3 com energias 12,1 eV, 10,2 eV e 8,5 eV, respectivamente. O átomo de hidrogênio está no estado fundamental. Quais fótons (f_1, f_2 ou f_3) poderá o átomo de hidrogênio absorver?

Resolução:

- **De n = 1 para n = 2:**

$E = E_2 - E_1 = (-3,4) - (-13,6) \Rightarrow E = 10,2 \text{ eV} \Rightarrow \boxed{\text{Fóton } f_2}$

- **De n = 1 para n = 3:**

$E = E_3 - E_1 = (-1,5) - (-13,6) \Rightarrow E = 12,1 \text{ eV} \Rightarrow \boxed{\text{Fóton } f_1}$

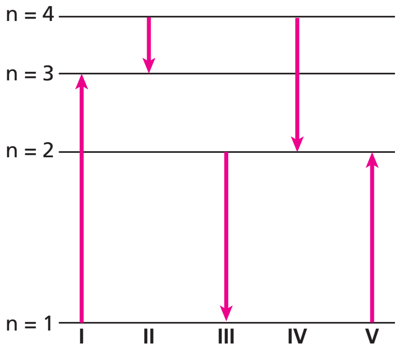
- **De n = 2 para n = 3:**

$E = E_3 - E_2 = (-1,5) - (-3,4) \Rightarrow E = 1,9 \text{ eV}$

Portanto, o fóton f_3 não poderá ser absorvido.

Resposta: f_1 e f_2

29 (ITA-SP) O diagrama ao lado mostra os níveis de energia (**n**) de um elétron em um certo átomo.



Qual das transições mostradas na figura representa a emissão de um fóton com o menor comprimento de onda?

a) I
b) II
c) III
d) IV
e) V

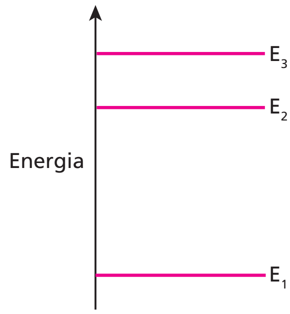
Resolução:

Para haver **emissão** de um fóton, a transição deve ocorrer de um nível de energia mais alto para um mais baixo. Portanto, as transições possíveis são II, III e IV.

Como ao menor comprimento de onda corresponde a **maior frequencia** e E = h f, devemos optar pela transição em que ocorre a maior redução de energia, que é a **III**.

Resposta: c

30 (UFMG) A figura mostra, esquematicamente, os níveis de energia permitidos para elétrons de certo elemento químico. Quando esse elemento emite radiação, são observados três comprimentos de onda diferentes, λ_a, λ_b e λ_c.



1. Com base na figura, explique a origem da radiação correspondente aos comprimentos de onda λ_a, λ_b e λ_c.
2. Considere que $\lambda_a < \lambda_b < \lambda_c$. Sendo **h** a constante de Planck e **c** a velocidade da luz, determine uma expressão para o comprimento de onda λ_a.

Resolução:

Se λ_a é o menor comprimento de onda, a ele corresponde a maior frequência. Então, a energia do fóton emitido também é a maior, correspondendo à transição de E_3 para E_1:

$$E = h\,f \Rightarrow E_3 - E_1 = \frac{hc}{\lambda_a} \Rightarrow \lambda_a = \frac{h\,c}{E_3 - E_1}$$

Resposta: 1. Transições eletrônicas de E_2 para E_1, de E_3 para E_1 e de E_3 para E_2; 2. $\dfrac{h\,c}{E_3 - E_1}$

31 (UEL-PR) Alguns semicondutores emissores de luz, mais conhecidos como LEDs, estão sendo introduzidos na sinalização de trânsito das principais cidades do mundo. Isso se deve ao tempo de vida muito maior e ao baixo consumo de energia elétrica dos LEDs em comparação com as lâmpadas incandescentes, que têm sido utilizadas para esse fim. A luz emitida por um semicondutor é proveniente de um processo físico, onde um elétron excitado para a banda de condução do semicondutor decai para a banda de valência, emitindo um fóton de energia $E = h\,\nu$. Nessa relação, **h** é a constante de Planck, $\boldsymbol{\nu}$ é a frequência da luz emitida ($\nu = \frac{c}{\lambda}$, em que **c** é a velocidade da luz e $\boldsymbol{\lambda}$ o seu comprimento de onda) e **E** equivale à diferença em energia entre o fundo da banda de condução e o topo da banda de valência, conhecido como energia de *gap* do semicondutor. Com base nessas informações e no conhecimento sobre o espectro eletromagnético, é **correto** afirmar:

a) A energia de *gap* de um semicondutor será tanto maior quanto maior for o comprimento de onda da luz emitida por ele.
b) Para que um semicondutor emita luz verde, ele deve ter uma energia de *gap* maior que um semicondutor que emite luz vermelha.
c) O semicondutor que emite luz vermelha tem uma energia de *gap* cujo valor é intermediário às energias de *gap* dos semicondutores que emitem luz verde e amarela.
d) A energia de *gap* de um semicondutor será tanto menor quanto menor for o comprimento de onda da luz emitida por ele.
e) O semicondutor emissor de luz amarela tem energia de *gap* menor que o semicondutor emissor de luz vermelha.

Resolução:
Como a frequência **ν** da luz verde é maior que a da luz vermelha, a energia de *gap* (h ν) para a emissão de luz verde também é maior que para a emissão de luz vermelha.

Resposta: b

32 (UFPI) Um átomo de hidrogênio está em um estado excitado com n = 2, com uma energia $E_2 = -3{,}4$ eV. Ocorre uma transição para o estado n = 1, com energia $E_1 = -13{,}6$ eV, e um fóton é emitido. A frequência da radiação emitida, em Hz, vale aproximadamente:
(**Dados:** 1 eV = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J; h = $6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Js.)
a) $2{,}5 \cdot 10^{15}$
b) $2{,}0 \cdot 10^{15}$
c) $1{,}5 \cdot 10^{15}$
d) $1{,}0 \cdot 10^{15}$
e) $5{,}0 \cdot 10^{14}$

Resolução:
$E = E_2 - E_1 = (-3{,}4 \text{ eV}) - (-13{,}6 \text{ eV}) = 10{,}2 \text{ eV}$
$E = 10{,}2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 16{,}3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
$$f = \frac{E}{h} = \frac{16{,}3 \cdot 10^{-19}}{6{,}63 \cdot 10^{-34}} \Rightarrow \boxed{f = 2{,}5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}}$$

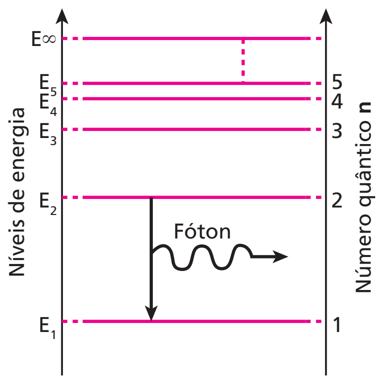
Resposta: a

33 (UFG-GO) A cor amarela característica das lâmpadas de vapor de sódio tem comprimento de onda de 590 nm e é o resultado de transições eletrônicas do subnível 3 p para o subnível 3 s do átomo de sódio. Calcule, em elétron-volts, a diferença de energia entre esses subníveis.
Dados: velocidade da luz = 300 000 km/s;
constante de Planck = $4{,}1 \cdot 10^{-15}$ eV · s.

Resolução:
$$E = h\,f = \frac{h\,c}{\lambda} = \frac{(4{,}1 \cdot 10^{-15} \text{ e V} \cdot \text{s}) \cdot (3{,}0 \cdot 10^{8} \text{ m/s})}{590 \cdot 10^{-9} \text{ m}}$$
$$\boxed{E = 2{,}1 \text{ eV}}$$

Resposta: 2,1 eV

34 (UFJF-MG) Segundo o modelo de Bohr, as energias dos estados que o elétron pode ocupar no átomo de hidrogênio são dadas aproximadamente por $E_n = -\frac{K}{n^2}$, em que K = 13,6 eV e **n** é um número inteiro positivo (n = 1, 2, 3...). O eV (elétron-volt) é uma unidade de energia utilizada em Física atômica que corresponde à energia adquirida por um elétron quando acelerado por uma diferença de potencial de 1 volt.
Dados: h = $4{,}13 \cdot 10^{-15}$ eV · s e
c = $3{,}0 \cdot 10^{8}$ m/s.



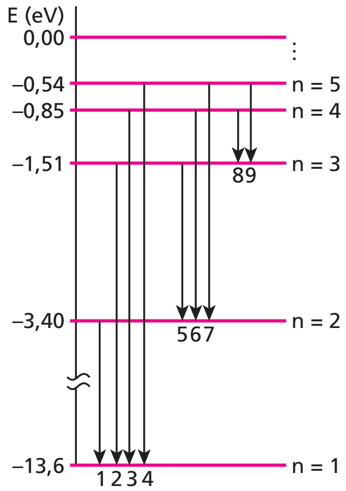
a) Calcule a energia necessária (em eV) para o elétron passar do estado fundamental para o primeiro estado excitado no átomo de hidrogênio.
b) Calcule o comprimento de onda **λ** do fóton emitido, quando o elétron retorna ao estado fundamental.

Resolução:
a) $E_1 = -\frac{13{,}6 \text{ eV}}{1^2} = -13{,}6 \text{ eV}$
$E_2 = -\frac{13{,}6 \text{ eV}}{2^2} = -3{,}4 \text{ eV}$
$E = E_2 - E_1 = (-3{,}4) - (-13{,}6) \Rightarrow \boxed{E = 10{,}2 \text{ eV}}$

b) $E = \frac{h\,c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h\,c}{E} = \frac{(4{,}13 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}) \cdot (3{,}0 \cdot 10^{8} \text{ m/s})}{10{,}2 \text{ eV}}$
$$\boxed{\lambda = 1{,}2 \cdot 10^{-7} \text{ m}}$$

Respostas: a) 10,2 eV; b) $1{,}2 \cdot 10^{-7}$ m

35 (UFC-CE) Na figura a seguir, as flechas numeradas de 1 até 9 representam transições possíveis de ocorrer entre alguns níveis de energia do átomo de hidrogênio, de acordo com o modelo de Bohr. Para ocorrer uma transição, o átomo emite (ou absorve) um fóton cuja energia $\frac{h\,c}{\lambda}$ é igual a $|\Delta E|$ (**h** é a constante de Planck, **c** é a velocidade da luz no vácuo, **λ** é o comprimento de onda do fóton e ΔE é a diferença de energia entre os dois níveis envolvidos na transição).



Suponha que o átomo emite os fótons **X** e **Y**, cujos comprimentos de onda são, respectivamente, $\lambda_x = 1{,}03 \cdot 10^{-7}$ m e $\lambda_y = 4{,}85 \cdot 10^{-7}$ m. As transições corretamente associadas às emissões desses dois fótons são (use h = $4{,}13 \cdot 10^{-15}$ eV · s e c = $3{,}0 \cdot 10^{8}$ m/s):
a) 4 e 8
b) 2 e 6
c) 3 e 9
d) 5 e 7
e) 1 e 7

Resolução:
• $\lambda_x = 1{,}03 \ 10^{-7}$ m
$$\Delta E_x = \frac{h\,c}{\lambda_x} = \frac{(4{,}13 \cdot 10^{-15}) \cdot (3{,}0 \cdot 10^{8})}{1{,}03 \cdot 10^{-7}}$$
$\Delta E_x \simeq 12$ eV: transição de n = 3 para n = 1 $\Rightarrow \boxed{2}$

• $\lambda_y = 4,85 \cdot 10^{-7}$ m

$$\Delta E_y = \frac{h\,c}{\lambda_y} = \frac{(4,13 \cdot 10^{-15}) \cdot (3,0 \cdot 10^{8})}{4,85 \cdot 10^{-7}}$$

$\Delta E_y = 2,6$ eV: transição de n = 4 para n = 2 $\Rightarrow \boxed{6}$

Resposta: b

36 (ITA-SP) A tabela abaixo mostra os níveis de energia de um átomo do elemento **X** que se encontra no estado gasoso.

E_0	0
E_1	7,0 eV
E_2	13,0 eV
E_3	17,4 eV
Ionização	21,4 eV

Dentro das possibilidades a seguir, a energia que poderia restar a um elétron com energia de 15,0 eV, após colidir com um átomo de **X**, seria de:
a) 0 eV.
b) 4,4 eV.
c) 16,0 eV.
d) 2,0 eV.
e) 14,0 eV.

Resolução:
Possíveis energias de excitação dos elétrons do átomo do elemento **X**:
$E_0 \Rightarrow E_1$: 7,0 eV – 0 = 7,0 eV (*)
$E_0 \Rightarrow E_2$: 13,0 eV – 0 = 13,0 eV (*)
$E_0 \Rightarrow E_3$: 17,4 eV – 0 = 17,4 eV
$E_0 \Rightarrow$ Ionização: 21,4 eV – 0 = 21,4 eV
$E_1 \Rightarrow E_2$: 13,0 eV – 7,0 eV = 6,0 eV (*)
$E_1 \Rightarrow E_3$: 17,4 eV – 7,0 eV = 10,4 eV (*)
$E_1 \Rightarrow$ Ionização: 21,4 eV – 7,0 eV = 14,4 eV(*)
$E_2 \Rightarrow E_3$: 17,4 eV – 13,0 eV = 4,4 eV (*)
$E_2 \Rightarrow$ Ionização: 21,4 eV – 13,0 eV = 8,4 eV (*)
$E_3 \Rightarrow$ Ionização: 21,4 3V – 17,4 eV = 4,0 eV (*)

As excitações (*) podem ocorrer, pois a energia do elétron é igual a 15,0 eV.
Possíveis sobras de energia do elétron:

$$15,0\text{ eV} - \begin{cases} 7,0\text{ eV} = 8,0\text{ eV} \\ \boxed{13,0\text{ eV} = 2,0\text{ eV}} \\ 6,0\text{ eV} = 9,0\text{ eV} \\ 10,4\text{ eV} = 4,6\text{ eV} \\ 14,4\text{ eV} = 0,6\text{ eV} \\ 4,4\text{ eV} = 10,6\text{ eV} \\ 8,4\text{ eV} = 6,6\text{ eV} \\ 4,0\text{ eV} = 11,0\text{ eV} \end{cases}$$

Resposta: d

37 (ITA-SP) Utilizando o modelo de Bohr para o átomo, calcule o número aproximado de revoluções efetuadas por um elétron no primeiro estado excitado do átomo de hidrogênio, se o tempo de vida do elétron, nesse estado excitado, é de 10^{-8} s. São dados: o raio da órbita do estado fundamental é de $5,3 \cdot 10^{-11}$ m e a velocidade do elétron nesta órbita é de $2,2 \cdot 10^{6}$ m/s.
a) $1 \cdot 10^{6}$ revoluções.
b) $4 \cdot 10^{7}$ revoluções.
c) $5 \cdot 10^{7}$ revoluções.
d) $8 \cdot 10^{6}$ revoluções.
e) $9 \cdot 10^{6}$ revoluções.

Resolução:
• $r_1 = 5,3 \cdot 10^{-11}$ m
$r_n = n^2 r_1 \Rightarrow r_2 = 2^2 r_1 = 4r_1$

• **Para n = 1**:

$$F_e = F_{cp} \Rightarrow \frac{K\,e\,e}{r_1^2} = \frac{m\,v_1^2}{r_1} \Rightarrow \frac{K\,e^2}{r_1} = m\,v_1^2 \qquad \text{(I)}$$

Para n = 2:

$$F_e = F_{cp} \Rightarrow \frac{K\,e\,e}{r_2^2} = \frac{m\,v_2^2}{r_2} \Rightarrow \frac{K\,e^2}{r_2} = m\,v_2^2 \qquad \text{(II)}$$

• Dividindo (II) por (I), membro a membro, obtemos:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{v_2^2}{v_1^{\,2}}$$

Como $r_2 = 4r_1$: $\dfrac{r_1}{4\,r_1} = \dfrac{v_2^2}{v_1^2} \Rightarrow v_2 = \dfrac{v_1}{2} = \dfrac{2,2 \cdot 10^{6}}{2} \Rightarrow v_2 = 1,1 \cdot 10^{6}$ m/s

• $v_2 = 2\pi\, f_2\, r_2 \Rightarrow f_2 = \dfrac{v_2}{2\pi\, r_2} = \dfrac{1,1 \cdot 10^{6}}{(2\pi) \cdot (4 \cdot 5,3 \cdot 10^{-11})}$

$f_2 = 8,3 \cdot 10^{14}$ Hz

• Sendo **N** o número de revoluções no intervalo de tempo $\Delta t = 10^{-8}$ s, temos:

$$f_2 = \frac{N}{\Delta t} \Rightarrow N = f_2\,\Delta t = 8,3 \cdot 10^{14} \cdot 10^{-8} \Rightarrow \boxed{N \simeq 8 \cdot 10^{6}\text{ revoluções}}$$

Resposta: d

38 (UFC-CE) No modelo do *Universo em Expansão*, há um instante de tempo no passado em que toda a matéria e toda a radiação, que hoje constituem o Universo, estiveram espetacularmente concentradas, formando um estado termodinâmico de altíssima temperatura (**T** → ∞), conhecido como *Big Bang*. De acordo com o físico russo G. Gamov, nesse estado inicial, a densidade de energia eletromagnética (radiação) teria sido muito superior à densidade de matéria. Em consequência disso, a temperatura média do Universo, (**T**), em um instante de tempo **t** após o *Big Bang* satisfaria a relação:

$$\langle T \rangle = \frac{2,1 \cdot 10^{9}}{\sqrt{t}}$$

sendo o tempo **t** medido em segundos (**s**) e a temperatura **T**, em kelvins (**K**). Um ano equivale a $3,2 \cdot 10^{7}$ segundos e atualmente a temperatura média do Universo é $\langle T \rangle = 3,0$ K. Assim, de acordo com Gamov, podemos afirmar corretamente que a idade aproximada do Universo é:
a) 700 bilhões de anos.
b) 210 bilhões de anos.
c) 15 bilhões de anos.
d) 1 bilhão de anos.
e) 350 bilhões de anos.

Resolução:
$\lambda = 10^{-3}$ m

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^{8}}{10^{-3}} \Rightarrow \boxed{f = 3 \cdot 10^{11}\text{ Hz}}$$

Resposta: d

39 (Vunesp-SP) Leia o texto:

A radiação cósmica de fundo (RCF) é um sinal eletromagnético, de origem cosmológica, que pode ser observado hoje em dia em todo o céu. É uma espécie de ruído que permeia todo o Universo. Ela, portanto, atinge a Terra vinda de todas as direções e pode ser detectada, por exemplo, por um aparelho de TV: algo em torno de 3% do ruído eletromagnético recebido por um televisor deve-se a essa radiação.

(www.comciencia.com.br., 10/5/2003)

Radiação eletromagnética	Intervalo de frequências
Denominação	**Frequência (Hz)**
Baixas frequências	50/60
Rádio, radar e TV	10^4 a 10^{11}
Micro-ondas	10^9 a 10^{12}
Infravermelho	10^{11} a $4 \cdot 10^{14}$
Visível	$4 \cdot 10^{14}$ a $8 \cdot 10^{14}$
Ultravioleta	$8 \cdot 10^{14}$ a 10^{17}
Raios X	10^{15} a 10^{20}
Raios gama	10^{19} a 10^{24}

(módulo da velocidade da luz no vácuo $= 3 \cdot 10^8$ m/s)

A tabela mostra as denominações das radiações eletromagnéticas para cada intervalo de frequência. Sabendo-se que o comprimento de onda (λ) médio da radiação cósmica de fundo (RCF) é de 10^{-3} m, pode-se afirmar, quanto à detecção da RCF, que o texto:

a) está incorreto, porque a frequência da RCF está na faixa do ultravioleta e um aparelho de TV não capta esse intervalo de frequências.
b) está incorreto, porque a RCF está no intervalo de frequência dos raios X e não pode ser captada por um aparelho de TV.
c) está incorreto, porque o aparelho de TV não capta radiação na faixa do infravermelho e a RCF está nessa faixa.
d) está correto, porque a RCF está na frequência das micro-ondas e o aparelho de TV capta essas frequências
e) está correto, porque a frequência da RCF está na faixa da luz visível, a qual é captada pelo aparelho de TV.

Resolução:

$$\sqrt{t} = \frac{2,1 \cdot 10^9}{\langle T \rangle} = \frac{2,1 \cdot 10^9}{3,0} \Rightarrow t = 4,9 \cdot 10^{17}\ \text{s}$$

Em anos: $t = \frac{4,9 \cdot 10^{17}}{3,2 \cdot 10^7} = 15 \cdot 10^9$ anos

$\boxed{t \simeq 15 \text{ bilhões de anos}}$

Resposta: c

Tópico 2

1 (UFMG) Observe esta figura:

Paulo Sérgio, viajando em sua nave, aproxima-se de uma plataforma espacial, com velocidade de 0,7 c, em que **c** é a velocidade da luz.
Para se comunicar com Paulo Sérgio, Priscila, que está na plataforma, envia um pulso luminoso em direção à nave.
Com base nessas informações, é **correto** afirmar que a velocidade do pulso medida por Paulo Sérgio é de:

a) 0,7 c
b) 1,0 c
c) 0,3 c
d) 1,7 c

Resolução:
Na Teoria da Relatividade Restrita, Einstein postulou que a velocidade da luz no vácuo, em relação a qualquer referencial inercial, é igual a **c**.

Resposta: b

2 (UFPE) Um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial a uma velocidade constante **v = 0,8 c**, em que **c** é a velocidade da luz no vácuo. No referencial da espaçonave, o tempo transcorrido entre o lançamento e a chegada na estação espacial foi de **12 meses**. Qual o tempo transcorrido no referencial da Terra, em **meses**?

Resolução:
• $\Delta t' = 12$ meses; $v = 0{,}8\ c$.

• $$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{12}{\sqrt{1-0{,}64}} = \frac{12}{0{,}6}$$

$\boxed{\Delta t = 20 \text{ meses}}$

Resposta: 20 meses

3 (Unesp-SP) Instituído pela Organização das Nações Unidas, 2005 foi o Ano Mundial da Física, em que se comemorou o centenário dos trabalhos revolucionários publicados por Albert Einstein, o mais importante cientista do século XX (segundo a revista norte-americana *Time*). Na Teoria da Relatividade Especial, de Einstein, objetos que se movem com velocidade **v** em relação a um referencial inercial têm o tempo dilatado por um fator γ, para um observador em repouso nesse referencial. A tabela mostra valores de γ para diversos módulos da velocidade **v**, representados em múltiplos da velocidade da luz, **c** (ou $3{,}0 \cdot 10^8$ m/s).

v	γ
0,000 c	1,000
0,100 c	1,005
0,200 c	1,021
0,400 c	1,091
0,600 c	1,250
0,800 c	1,667
0,900 c	2,294
0,998 c	15,82
0,999 c	22,37
c	∞

Segundo este modelo, pede-se:

a) qual a velocidade, em m/s, que deve ser atingida pelo objeto para que a dilatação do tempo seja de apenas 0,5%? Comente como esse resultado explica por que as pessoas não percebem os efeitos da dilatação do tempo no seu dia-a-dia.
b) se para o objeto passaram-se 10 minutos, quantos minutos se passaram para um observador no referencial inercial que vê o objeto se movimentando à velocidade de 0,600 c?

Resolução:
a) • $\Delta t = \Delta t' + 0{,}005\ \Delta t' = \underbrace{(1{,}005)}_{\gamma}\ \Delta t'$

• Da tabela:
$\gamma = 1{,}005 \rightarrow v = 0{,}100\ c$

$v = 0{,}100 \cdot 3{,}0 \cdot 10^8 \rightarrow \boxed{v = 3{,}0 \cdot 10^7 \text{ m/s}}$

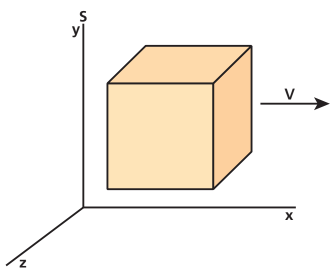
No dia-a-dia, as pessoas lidam com corpos de velocidades desprezíveis em relação a $3{,}0 \cdot 10^7$ m/s.

b) $v = 0{,}600\ c \rightarrow \gamma = 1{,}250$
$\Delta t = \gamma\, \Delta t' = 1{,}250 \cdot 10$ min

$\boxed{\Delta t = 12{,}5 \text{ min}}$

Respostas: a) $3{,}0 \cdot 10^7$ m/s; no dia-a-dia as pessoas lidam com corpos de velocidades desprezíveis em relação a esse valor; b) 12,5 min

4 (UFC-CE) A figura abaixo mostra uma nave espacial em forma de cubo que se move no referencial **S**, ao longo do eixo **x**, com velocidade v = 0,8 c (**c** é a velocidade da luz no vácuo). O volume da nave, medido por um astronauta em repouso dentro dela, é V_0.
Calcule o volume da nave medido por um observador em repouso no referencial **S**.



Resolução:
Sendo ℓ a aresta da nave, medida pelo astronauta, temos:

$$V_0 = \ell^3$$

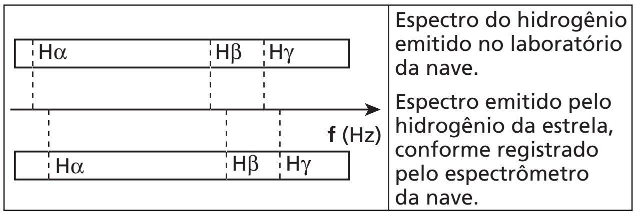
Para um observador em repouso no referencial **S**, ocorre contração da aresta da nave **na direção em que ela se move** (direção do eixo **x**). Para ele, a aresta contraída mede ℓ' e o volume da nave mede **V**:

$$\ell' = \ell\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \ell\sqrt{1 - \frac{0{,}64\,c^2}{c^2}} = 0{,}6\,\ell$$

$$V = \ell \cdot \ell \cdot \ell' = \ell^2 \cdot 0{,}6\,\ell = 0{,}6\,\ell^3 \Rightarrow \boxed{V = 0{,}6\,V_0}$$

Resposta: $0{,}6\,V_0$

5 (UFRN) Enquanto a nave *Enterprise* viajava pelo espaço interestelar, foi danificado o sistema de determinação automática da sua velocidade. O capitão Picard decidiu estimar tal velocidade em relação à estrela Vega, da constelação de Lira, por meio de medidas do espectro do hidrogênio emitido pela estrela. Abaixo, estão reproduzidas duas séries de frequências registradas pelo espectrômetro da nave: as emitidas por átomos de hidrogênio no laboratório da nave e aquelas emitidas pelas mesmas transições atômicas do hidrogênio na superfície da estrela.



O princípio físico que fundamenta essa determinação da velocidade é:

a) o efeito Doppler da luz, que mostra que a *Enterprise* está aproximando-se de Vega.
b) o efeito de dispersão da luz, que mostra que a *Enterprise* está afastando-se de Vega.
c) o efeito Doppler da luz, que mostra a *Enterprise* afastando-se de Vega.
d) o efeito de dispersão da luz, que mostra que a *Enterprise* está aproximando-se de Vega.

Resolução:
A luz de Vega é recebida na nave com frequências aumentadas.
Pelo efeito Doppler, isso significa que existe um movimento relativo de aproximação entre ambas.

Resposta: a

6 (ITA-SP) Einstein propôs que a energia da luz é transportada por pacotes de energia h f, em que **h** é a constante de Planck e **f** é a frequência da luz, num referencial no qual a fonte está em repouso. Explicou, assim, a existência de uma frequência mínima f_0 para arrancar elétrons de um material, no chamado efeito fotoelétrico. Suponha que a fonte emissora de luz está em movimento em relação ao material. Assinale a alternativa correta.

a) Se $f = f_0$, é possível que haja emissão de elétrons desde que a fonte esteja se afastando do material.
b) Se $f < f_0$, é possível que elétrons sejam emitidos, desde que a fonte esteja se afastando do material.
c) Se $f < f_0$, não há emissão de elétrons, qualquer que seja a velocidade da fonte.
d) Se $f > f_0$, é sempre possível que elétrons sejam emitidos pelo material, desde que a fonte esteja se afastando do material.
e) Se $f < f_0$, é possível que elétrons sejam emitidos, desde que a fonte esteja se aproximando do material.

Resolução:
Mesmo com $f < f_0$, se a fonte luminosa estiver se aproximando do material, ele poderá receber a luz com frequência maior ou igual a f_0, devido ao efeito Doppler. Satisfeita essa condição, ocorrerá o efeito fotoelétrico.

Resposta: e

7 (UEL-PR) Até o início do século XX, matéria e energia eram consideradas entidades distintas. A primeira caracterizaria uma das propriedades intrínsecas dos corpos e a segunda, o estado dinâmico dos corpos em relação a um determinado meio. A partir dos trabalhos de A. Einstein, ficou claro que tal separação não deveria existir; matéria e energia poderiam transformar-se uma na outra. Essa nova visão dos conceitos de massa e energia celebrizou-se pela relação $E = m\,c^2$, em que **E** é a energia, **m** é a massa e **c** é o módulo da velocidade da luz no vácuo (300 000 km/s). Assim, ao gerar energia, observa-se um equivalente desaparecimento de massa. Considere a queima de 1 litro de gasolina que libera $5 \cdot 10^7$ joules de energia e indique a massa desaparecida (transformada em energia) nesse processo.

a) $\frac{5}{9} \cdot 10^{-9}$ kg
b) $\frac{5}{3} \cdot 10^{-9}$ kg
c) $\frac{5}{9} \cdot 10^{9}$ kg
d) $\frac{5}{3} \cdot 10^{-1}$ kg
e) $\frac{5}{9} \cdot 10^{-3}$ kg

Resolução:

$E = m_0\,c^2$

$5 \cdot 10^7 = m_0\,(3 \cdot 10^8)^2$

$$\boxed{m_0 = \frac{5}{9} \cdot 10^{-9}\ \text{kg}}$$

Resposta: a

8 (UFC-CE) Um acelerador de partículas Síncroton é usado para fazer uma partícula atingir uma velocidade **v**, próxima de **c**. Em um experimento foram medidas a energia relativística total **E** e a energia de repouso E_0. Determine o valor da razão $\frac{v}{c}$ em função de **E** e E_0.

Resolução:

$$E = m\,c^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot c^2 = \frac{E_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{E_0}{E} \Rightarrow 1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{E_0^2}{E^2}$$

$$\frac{v^2}{c^2} = 1 - \frac{E_0^2}{E^2} \Rightarrow \boxed{\frac{v}{c} = \sqrt{1 - \left(\frac{E_0}{E}\right)^2}}$$

Resposta: $\sqrt{1 - \left(\frac{E_0}{E}\right)^2}$

9 (PUC-RS) A energia de um fóton é diretamente proporcional a sua frequência, com a constante de Planck, **h**, sendo o fator de proporcionalidade. Por outro lado, pode-se associar massa a um fóton, uma vez que ele apresenta energia ($E = mc^2$) e quantidade de movimento. Assim, o módulo da quantidade de movimento de um fóton de frequência **f** propagando-se com velocidade de módulo **c** se expressa como:

a) $\frac{c^2}{hf}$ b) $\frac{hf}{c^2}$ c) $\frac{hf}{c}$ d) $\frac{c}{hf}$ e) $\frac{cf}{h}$

Resolução:

$E = Q\,c \Rightarrow h\,f = Q\,c \Rightarrow \boxed{Q = \frac{h\,f}{c}}$

Resposta: c

10 (Fuvest-SP) O ano de 2005 foi declarado o Ano Internacional da Física, em comemoração aos 100 anos da Teoria da Relatividade, cujos resultados incluem a famosa relação $E = \Delta m \cdot c^2$. Num reator nuclear, a energia provém da fissão do urânio. Cada núcleo de urânio, ao sofrer fissão, divide-se em núcleos mais leves, e uma pequena parte, Δm, de sua massa inicial transforma-se em energia. A Usina de Angra II tem uma potência elétrica de cerca de 1 350 MW, que é obtida a partir da fissão de urânio-235. Para produzir tal potência, devem ser gerados 4 000 MW na forma de calor **Q**. Em relação à Usina de Angra II, estime:

a) quantidade de calor **Q**, em joules, produzida em um dia;
b) quantidade de massa Δm que se transforma em energia na forma de calor, a cada dia;
c) massa M_U de urânio-235, em kg, que sofre fissão em um dia, supondo que a massa Δm, que se transforma em energia, seja aproximadamente 0,0008 ($8 \cdot 10^{-4}$) da massa M_U.

$E = \Delta m \cdot c^2$
Essa relação indica que massa e energia podem se transformar uma na outra. A quantidade de energia **E** que se obtém está relacionada à quantidade de massa Δm, que "desaparece" por meio do produto dela pelo quadrado da velocidade da luz (**c**).

Note e adote:
Em um dia, há cerca de $9 \cdot 10^4$ s
1 MW = 10^6 W
$c = 3 \cdot 10^8$ m/s

Resolução:

a) $Pot = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = Pot\,\Delta t = 4000 \cdot 10^6 \cdot 9 \cdot 10^4$

$Q = 3{,}6 \cdot 10^{14}$ J

b) $E = \Delta m\,c^2 = Q \Rightarrow \Delta m = \frac{Q}{c^2} = \frac{3{,}6 \cdot 10^{14}}{(3 \cdot 10^8)^2}$

$\Delta m = 4 \cdot 10^{-3}$ kg

c) $\Delta m = 8 \cdot 10^{-4}\,M_U \Rightarrow 4 \cdot 10^{-3} = 8 \cdot 10^{-4}\,M_U$

$M_U = 5$ kg

Respostas: a) $3{,}6 \cdot 10^{14}$ J; b) $4 \cdot 10^{-3}$ kg; c) 5 kg

11 (UFRN) Em alguns programas de televisão apresentam-se pessoas que dizem se alimentar apenas de luz. Para muitos, a palavra alimento está associada a uma boa porção de massa e a palavra luz, ao conceito de energia. Os conceitos de massa e energia dentro da Física Moderna estão relacionados a duas constantes fundamentais: **h**, constante introduzida por Planck (em seu trabalho sobre radiação de corpo negro), e **c**, que é a velocidade da luz no vácuo.
O quadro abaixo exemplifica, com duas equações, a presença dessas constantes, tanto na Teoria Quântica como na Teoria da Relatividade de Einstein.

Teoria Quântica (modelo corpuscular da luz)	**Teoria da Relatividade**
$E = hf$ **E:** energia de um fóton associado a uma radiação de frequência **f**; $h \simeq 6 \cdot 10^{-34}$ unidades do Sistema Internacional (SI).	$E = mc^2$ **E:** é o equivalente em energia da massa **m** de um objeto; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s (velocidade da luz no vácuo).

Tendo como referência as informações acima e considerando uma radiação de frequência $6 \cdot 10^{14}$ hertz, obtenha:

a) a quantidade de fótons, **N**, que produziria um equivalente energético de uma massa igual a 0,4 kg;
b) a unidade para a constante de Planck, **h**, a partir de uma análise dimensional, representada em função das grandezas: massa (kg), comprimento (**m**) e tempo (**s**).

Resolução:

a) $N\,h\,f = m\,c^2 \Rightarrow N \cdot 6 \cdot 10^{-34} \cdot 6 \cdot 10^{14} = 0{,}4 \cdot (3 \cdot 10^8)^2$

$\boxed{N = 10^{35}}$

b) $h = \frac{E}{f}$

unidade de **h** $= \frac{J}{s^{-1}} = J\,s = N\,m\,s = kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot m\,s$

$\boxed{\text{Unidade de } \mathbf{h} = kg\,m^2\,s^{-1}}$

Respostas: a) 10^{35}; b) kg m^2 s^{-1}

12 (Olimpíada Paulista de Física) Calcule o momento linear de um fóton de comprimento de onda 780 nm, típico de diodos *laser* empregados na leituras de CDs.
Dado: constante de Planck (h) = $6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Js

a) $2{,}5 \cdot 10^{-27}$ J · s/m
b) $3{,}5 \cdot 10^{-28}$ J · s/m
c) $4{,}5 \cdot 10^{-26}$ J · s/m
d) $8{,}5 \cdot 10^{-28}$ J · s/m
e) $9{,}5 \cdot 10^{-29}$ J · s/m

Resolução:

$E = Q\,c \Rightarrow \frac{h\,c}{\lambda} = Q\,c \Rightarrow Q = \frac{h}{\lambda} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ Js}{780 \cdot 10^{-9}\ m}$

$\boxed{Q = 8{,}5 \cdot 10^{-28}\ \frac{J\,s}{m}}$

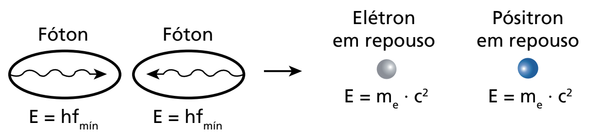
Resposta: d

13 (ITA-SP) No modelo proposto por Einstein, a luz se comporta como se sua energia estivesse concentrada em pacotes discretos, chamados de *quanta* de luz, e atualmente conhecidos por fótons. Estes possuem momento **p** e energia **E** relacionados pela equação $E = pc$, em que **c** é a velocidade da luz no vácuo. Cada fóton carrega uma energia $E = h\,f$, em que **h** é a constante de Planck e **f** é a frequência da luz. Um evento raro, porém possível, é a fusão de dois fótons, produzindo um par elétron-pósitron, sendo a massa do pósitron igual à massa do elétron. A relação de Einstein associa a energia da partícula à massa do elétron ou pósitron, isto é, $E = m_e c^2$. Assinale a frequência mínima de cada fóton, para que dois fótons, com momentos opostos e de módulo iguais, produzam um par elétron-pósitron após a colisão:

a) $f = (4m_e c^2)/h$
b) $f = (m_e c^2)/h$
c) $f = (2m_e c^2)/h$
d) $f = (m_e c^2)/2h$
e) $f = (m_e c^2)/4h$

Resolução:

A frequência mínima dos fótons (energia mínina) corresponde à situação em que o elétron e o pósitron são produzidos **em repouso**:



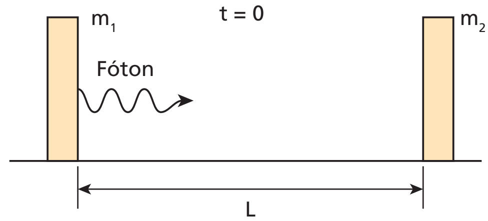
Observe, nesse fenômeno, a conservação do momento.

Pela conservação da energia, temos:

$$h\,f_{mín} + h\,f_{mín} = m_e\,c^2 + m_e\,c^2 \Rightarrow 2h\,f_{mín} = 2m_e\,c^2 \Rightarrow f_{mín} = \frac{m_e\,c^2}{h}$$

Resposta: b

14 (ITA-SP) Experimentos de absorção de radiação mostram que a relação entre a energia **E** e a quantidade de movimento **p** de um fóton é $E = p\,c$. Considere um sistema isolado formado por dois blocos de massa m_1 e m_2, respectivamente, colocados no vácuo e separados entre si de uma distância **L**. No instante $t = 0$, o bloco de massa m_1 emite um fóton que é posteriormente absorvido inteiramente por m_2, não havendo qualquer outro tipo de interação entre os blocos (ver figura). Suponha que m_1 se torne m'_1 em razão da emissão do fóton e, analogamente, m_2 se torne m'_2 devido à absorção desse fóton. Lembrando que esta questão também pode ser resolvida com recursos da Mecânica clássica, assinale a opção que apresenta a relação correta entre a energia do fóton e as massas dos blocos.



a) $E = (m_2 - m_1)c^2$
b) $E = (m'_1 - m'_2)c^2$
c) $E = (m'_2 - m_2)c^2/2$
d) $E = (m'_2 - m_2)c^2$
e) $E = (m_1 + m'_1)c^2$

Resolução:

A perda de massa $(m_1 - m'_1)$ e o acréscimo de massa $(m'_2 - m_2)$ equivalem à energia do fóton.

Então, temos:

$E = (m_1 - m'_1)\,c^2$ ou $E = (m'_2 - m_2)\,c^2$

Resposta: d

Tópico 3

1 (Uepa) A quantidade de movimento linear do fóton, no vácuo, é tanto maior, quanto menor:

a) a sua massa.
b) a sua aceleração.
c) a sua frequência.
d) o seu comprimento de onda.
e) a sua energia.

Resolução:

$E = Qc \Rightarrow Q = \frac{E}{c} = \frac{h\,f}{c} = \frac{h}{\lambda}$

Q é tanto maior quanto menor é λ.

Resposta: d

2 (UFPI) O comprimento de onda de De Broglie para uma partícula $\boldsymbol{\alpha}$ com velocidade $v_\alpha = 6{,}0 \cdot 10^6$ m/s é dado aproximadamente por: (massa do próton $= 1{,}6 \cdot 10^{-27}$ kg; $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Js)

a) $6{,}8 \cdot 10^{-14}$ m
b) $3{,}4 \cdot 10^{-14}$ m
c) $1{,}7 \cdot 10^{-14}$ m
d) $8{,}0 \cdot 10^{-15}$ m
e) $4{,}0 \cdot 10^{-15}$ m

Resolução:

$m_\alpha \simeq 4\,m_p = 4 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-27}\text{ kg} = 6{,}4 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$

$$\lambda_\alpha = \frac{h}{m_\alpha\,v_\alpha} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{6{,}4 \cdot 10^{-27} \cdot 6{,}0 \cdot 10^6} \Rightarrow \lambda_\alpha = 1{,}7 \cdot 10^{-14}\text{ m}$$

Resposta: c

3 (ITA-SP) Dobrando-se a energia cinética de um elétron não-relativístico, o comprimento de onda original de sua função de onda fica multiplicado por:

a) $\frac{1}{\sqrt{2}}$ b) $\frac{1}{2}$ c) $\frac{1}{4}$ d) $\sqrt{2}$ e) 2

Resolução:

Tratando-se de uma situação **não-relativística**, a energia cinética continua expressa por $\frac{m\,v^2}{2}$:

$E_{c_{final}} = 2\,E_{c_{inicial}}$

$$\frac{m\,v_{final}^2}{2} = 2 \cdot \frac{m\,v_{inicial}^2}{2} \Rightarrow v_{final} = v_{inicial}\sqrt{2}$$

O comprimento de onda a que se refere o enunciado é o de De Broglie:

$$\lambda_{final} = \frac{h}{m\,v_{final}} = \frac{h}{m\,v_{inicial}\sqrt{2}} = \frac{\lambda_{inicial}}{\sqrt{2}} \Rightarrow \lambda_{final} = \frac{1}{\sqrt{2}}\,\lambda_{inicial}$$

Resposta: a

4 (UFRN) Em um aparelho de televisão, existem três funções básicas (cor, brilho e contraste), que podem ser controladas continuamente, para se obter uma boa imagem. Ajustar uma dessas funções depende essencialmente do controle da diferença de potencial que acelera os elétrons emitidos pelo tubo de raios catódicos e que incidirão na tela fluorescente. Assim, no tubo de imagem do televisor, os elétrons podem ter qualquer valor de energia, dependendo da diferença de potencial aplicada a esses elétrons.

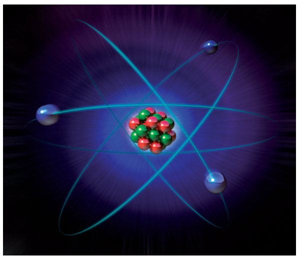
A Física quântica, quando aplicada ao estudo de átomos isolados, constata que a energia dos elétrons nesses átomos é uma grandeza **discreta** ao invés de **contínua**, como estabelecido pela Física clássica.

Essas afirmações, valores contínuos de energia para os elétrons emitidos pelo tubo e energias discretas para os elétrons do átomo, não são contraditórias, porque os elétrons emitidos pelo tubo de raios catódicos:

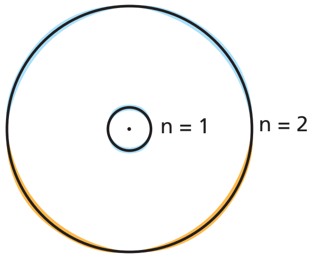
a) são livres e os elétrons que estão nos átomos são confinados.
b) são em grande quantidade, diferentemente dos elétrons que estão nos átomos.
c) perdem a carga elétrica, transformando-se em fótons, e os elétrons que estão nos átomos permanecem carregados.
d) têm comprimento de onda de De Broglie associado igual ao dos elétrons que estão nos átomos.

Resposta: a

5 (UFPE) No modelo planetário do átomo, o núcleo tem carga positiva e pequena dimensão, e os elétrons circulam em volta dele. De acordo com a Mecânica clássica de Newton, o equilíbrio da órbita depende de que a força de atração entre núcleo e elétron faça o papel de força centrípeta. Desse modo, os raios das órbitas atômicas poderiam ter qualquer valor. Na prática, observa-se que só algumas órbitas são permitidas. Conforme a Teoria Eletromagnética, de Maxwell, cargas elétricas aceleradas irradiam. O elétron girando, tem aceleração centrípeta e, como carga acelerada, perde energia. Assim, o modelo atômico de Bohr seria inviável. Entretanto, várias evidências apoiam esse modelo. Para preservar a concepção do átomo, propôs-se que, em determinadas órbitas, o elétron não irradiaria energia, contrariando o eletromagnetismo. Essas órbitas especiais atenderiam à condição de quantização da quantidade de movimento angular ou, equivalentemente, do perímetro de cada órbita eletrônica.



Modelo planetário: o equilíbrio da órbita ocorre quando a força centrípeta é a atração elétrica entre o núcleo e o elétron.



Modelo quântico: elétrons têm comprimento de onda associado. Quando o perímetro da óbritra contém um número inteiro de comprimento de onda, ela é estável.

Sejam:
Z = número atômico;
m = massa do elétron;
e = carga do elétron;
K = constante elétrica;
r = raio da órbita;
h = constante de Planck;
v = módulo da velocidade do elétron na órbita;
n = 0, 1, 2, 3, ...

Quais das seguintes proposições são verdadeiras?

(1) A condição clássica para estabilidade da órbita é $m\,v^2\,r = K\,Z\,e^2$.
(2) A condição quântica para estabilidade da órbita é $2\pi\,r\,m\,v = n\,h$.
(3) A condição quântica para estabilidade da órbita é $2\pi\,n\,r = m\,v\,h$.
(4) A condição clássica para estabilidade da órbita é $m\,\omega^2\,r^3 = K\,Z\,e^2$.
(5) A condição quântica para estabilidade da órbita é $m\,v\,r = K\,Z\,e^2$.

Resolução:

(1) Verdadeira.

$$F_{cp} = F_e \Rightarrow \frac{m\,v^2}{r} = \frac{K\ Q_{núcleo}\ |Q_{elétron}|}{r^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{m\,v^2}{r} = \frac{K\,Z\,e\,e}{r^2} \Rightarrow m\,v^2\,r = K\,Z\,e^2$$

(2) Verdadeira.

Perímetro da órbita = n λ ⇒

$$\Rightarrow 2\pi\,r = n\,\lambda \Rightarrow 2\pi\,r = n\,\frac{h}{m\,v} \Rightarrow 2\pi\,r\,m\,v = n\,h$$

(3) Falsa.

(4) Verdadeira.

De (1): $m\,(\omega\,r)^2\,r = K\,Z\,e^2 \Rightarrow m\,\omega^2\,r^3 = K\,Z\,e^2$

(5) Falsa.

Resposta: 1, 2 e 4

6 (ITA-SP) Um elétron é acelerado a partir do repouso por meio de uma diferença de potencial **U**, adquirindo uma quantidade de movimento **p**. Sabe-se que, quando o elétron está em movimento, sua energia relativística é dada por $E = [(m_0\,c^2)^2 + p^2\,c^2]^{\frac{1}{2}}$, em que m_0 é a massa de repouso do elétron e **c** é a velocidade da luz no vácuo. Obtenha o comprimento de onda de De Broglie do elétron em função de **U** e das constantes fundamentais pertinentes.

Resolução:

- Pelo Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{F_e} = E_c - 0 = E_c \Rightarrow e\,U = E_c$$

- $E = E_0 + E_c \Rightarrow E_c = E - E_0$

$$e\,U = [(m_0\,c^2)^2 + p^2\,c^2]^{\frac{1}{2}} - m_0\,c^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow [(m_0\,c^2)^2 + p^2\,c^2]^{\frac{1}{2}} = e\,U + m_0\,c^2 \Rightarrow$$

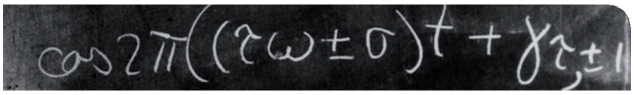
$$\Rightarrow (m_0\,c^2)^2 + p^2\,c^2 = e^2\,U^2 + 2e\,U\,m_0\,c^2 + (m_0\,c^2)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p^2 = \frac{e^2\,U^2}{c^2} + 2e\,U\,m_0 \Rightarrow p = \left[\left(\frac{e\,U}{c}\right)^2 + 2e\,U\,m_0\right]^{\frac{1}{2}}$$

- $\lambda = \frac{h}{p} \Rightarrow \boxed{\lambda = h\left[\left(\frac{e\,U}{c}\right)^2 + 2e\,U\,m_0\right]^{-\frac{1}{2}}}$

Resposta: $h\left[\left(\frac{e\,U}{c}\right)^2 + 2e\,U\,m_0\right]^{-\frac{1}{2}}$

Parte V – ANÁLISE DIMENSIONAL



1 Uma das principais equações da Mecânica quântica permite calcular a energia **E** associada a um fóton de luz em função da frequência **f** da respectiva onda eletromagnética:

$$\boxed{E = hf}$$

Nessa equação, **h** é a constante de Planck. Adotando como fundamentais as grandezas **M** (massa), **L** (comprimento) e **T** (tempo), determine a expressão dimensional de **h**.

Resolução:

$[E] = M\,L^2\,T^{-2}$; $[f] = T^{-1}$

$$h = \frac{E}{f} \Rightarrow [h] = \frac{[E]}{[f]} = \frac{M\,L^2\,T^{-2}}{T^{-1}} \Rightarrow \boxed{[h] = M\,L^2\,T^{-1}}$$

Resposta: $M\,L^2\,T^{-1}$

2 Conforme as teorias de Newton, dois astros de massas respectivamente iguais a **M** e **m**, com centros de massa separados por uma distância **d**, atraem-se gravitacionalmente trocando forças de intensidade **F**, dadas por:

$$\boxed{F = G\frac{Mm}{d^2}}$$

em que **G** é a constante da Gravitação. Em relação às dimensões mecânicas fundamentais – comprimento (**L**), massa (**M**) e tempo (**T**) –, determine a equação dimensional, bem como a unidade SI de **G**.

Resolução:

$[F] = M\,L\,T^{-2}$

$$F = G\frac{M\,m}{d^2} \Rightarrow G = \frac{Fd^2}{M\,m} \Rightarrow [G] = \frac{[F]\,[d^2]}{[M]\,[m]} = \frac{ML\,T^{-2}\,L^2}{M^2}$$

$$\boxed{[G] = M^{-1}\,L^3\,T^{-2}}$$

Unidade SI de G: $kg^{-1}\,m^3\,s^{-2}$

Resposta: $[G] = M^{-1}\,L^3\,T^{-2}$; $kg^{-1}\,m^3\,s^{-2}$

3 A pressão **p** de um número de mols **n** de gás perfeito que ocupa um volume **V** a uma temperatura absoluta **τ** pode ser calculada pela equação de Clapeyron:

$$\boxed{p\,V = n\,R\,\tau}$$

em que **R** é uma constante, denominada constante universal dos gases perfeitos. Adotando como fundamentais as grandezas **F** (força), **L** (comprimento), **T** (tempo) e **θ** (temperatura), determine a expressão dimensional de **R**.

Resolução:

$[p] = F\,L^{-2}$; $[n] = F^0\,L^0\,T^0$ (adimensional)

$$p\,V = n\,R\,\tau \Rightarrow R = \frac{p\,V}{n\,\tau}$$

$$[R] = \frac{[p]\,[V]}{[n]\,[\tau]} = \frac{Fl^{-2}\,L^3}{\theta} \Rightarrow \boxed{[R] - F\,L\,\theta^{-1}}$$

Resposta: $[R] - F\,L\,\theta^{-1}$

4 (Unirio-RJ) Para o movimento de um corpo sólido em contato com o ar foi verificado experimentalmente que a intensidade da força de resistência $\mathbf{F_r}$ é determinada pela expressão $F_r = k\,v^2$, na qual **v** é o módulo da velocidade do corpo em relação ao ar e **k**, uma constante. A unidade de **k**, no Sistema Internacional (SI), é dada por:

a) $kg \cdot m^{-1}$
b) $kg \cdot m$
c) $kg \cdot m \cdot s^{-1}$
d) $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$
e) $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$

Resolução:

$[F_r] = M\,L\,T^{-2}$; $[v] = L\,T^{-1}$

$$F_r = k\,v^2 \Rightarrow k = \frac{F}{v^2}$$

$$[k] = \frac{[F_r]}{[v]^2} = \frac{ML\,T^{-2}}{(LT^{-1})^2} \Rightarrow [k] = \frac{ML\,T^{-2}}{L^2\,T^{-2}} \Rightarrow [k] = ML^{-1}$$

Unidade SI de **k**: $kg\,m^{-1}$

Resposta: a

5 (Unicamp-SP – mod.) Quando um recipiente aberto contendo um líquido é sujeito a vibrações, observa-se um movimento ondulatório na superfície do líquido. Para pequenos comprimentos de onda **λ**, a velocidade de propagação **v** de uma onda na superfície livre do líquido está relacionada à tensão superficial **σ**, conforme a equação

$$v = \sqrt{\frac{2\pi\,\sigma}{\rho\,\lambda}}$$

em que **ρ** é a densidade do líquido. Esta equação pode ser utilizada para determinar a tensão superficial induzindo-se na superfície do líquido um movimento ondulatório com uma frequência **f** conhecida e medindo-se o comprimento de onda **λ**.

Determine:

a) a equação dimensional da tensão superficial **σ** em relação à massa **M**, comprimento **L** e tempo **T**.
b) as unidades da tensão superficial **σ** no Sistema Internacional de Unidades.

Resolução:

a) $[V] = L\,T^{-1}$; $[\rho] = ML^{-3}$; $[\lambda] = L$

$$V^2 = \frac{2\pi\,\sigma}{\rho\,\lambda} \Rightarrow \sigma = \frac{\rho\,\lambda\,V^2}{2\,\pi}$$

$$[\sigma] = M\,L^{-3}\,L\,(L\,T^{-1})^2$$

Donde $\boxed{[\sigma] = M\,L^0\,T^{-2}}$

b) Unidade SI de **σ**: $kg\,s^{-2} = \dfrac{kg}{s^2}$

Respostas: a) $[\sigma] = M\,L^0\,T^{-2}$; b) $\dfrac{kg}{s^2}$

6 (Ufla-MG) No estudo de Fluidodinâmica, a intensidade da força viscosa pode ser dada pela equação F = η d v, sendo **η** o coeficiente de viscosidade, **d** a distância percorrida pelo fluido e **v** o módulo da sua velocidade de deslocamento. Considerando-se o Sistema Internacional, SI, o coeficiente de viscosidade **η** é dado pelas unidades:

a) $kg \cdot m \cdot s^{-1}$
b) $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$
c) $kg \cdot m^{-1} \cdot s$
d) $kg \cdot m \cdot s$
e) $(kg)^{-1} \cdot m \cdot s^{-1}$

Resolução:

$F = \eta\, d\, v \Rightarrow \eta = \dfrac{F}{d\,v}$

$[F] = M\,L\,T^{-2}$; $[d] = L$ e $[v] = L\,T^{-1}$

Logo: $[\eta] = \dfrac{M\,L\,T^{-2}}{L\,L\,T^{-1}}$

Donde: $\boxed{[\eta] = M\,L^{-1}\,T^{-1}}$

$\boxed{\text{Unidade do SI de } \eta\text{: kg m}^{-1}\text{ s}^{-1}}$

Resposta: b

7 No Sistema Internacional (SI), as sete unidades de base são o **metro** (**m**), o **quilograma** (**kg**), o **segundo** (**s**), o **kelvin** (**K**), o **ampère** (**A**), a **candela** (**cd**) e o **mol** (**mol**). A Lei de Coulomb da Eletrostática permite calcular a intensidade (**F**) da força de interação (atração ou repulsão) trocada entre duas cargas puntiformes Q_1 e Q_2, separadas por uma distância **d**, por meio de uma expressão do tipo:

$$\boxed{F = \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1\,Q_2}{r^2}}$$

em que ε_0 é uma constante fundamental da Física. Em relação a ε_0, é **correto** afirmar que:

a) é uma grandeza adimensional.
b) no SI, é medida em $m^{-2}\,s^2\,A^2$.
c) no SI, é medida em $m^{-3}\,kg^{-1}\,A^2$.
d) no SI, é medida em $m^{-3}\,kg^{-1}\,s^4\,A^2$.
e) no SI, é medida em $m^{-3}\,s^4\,A^2$.

Resolução:

$[F] = M\,L\,T^{-2}$; $[Q] = I\,T$; 4π é uma constante adimensional

$F = \dfrac{1}{4\pi\,\varepsilon_0} \cdot \dfrac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad \varepsilon_0 = \dfrac{Q_1 Q_2}{4\pi F\, r^2}$

$[\varepsilon_0] = \dfrac{[Q_1]\,[Q_2]}{[F]\,[r^2]} = \dfrac{(IT)^2}{ML\,T^{-2}\,(L)^2}$

$[\varepsilon_0] = \dfrac{I^2 T^2}{M\,L^3\,T^{-2}} \Rightarrow \boxed{[\varepsilon_0] = M^{-1}\,L^{-3}\,T^4\,I^2}$

Unidade SI de ε_0: $kg^{-1}\,m^{-3}\,s^4\,A^2$

Resposta: d

8 Adotando como fundamentais as grandezas **M** (massa), **L** (comprimento), **T** (tempo) e **I** (intensidade de corrente elétrica), determine as expressões dimensionais e as respectivas unidades SI das seguintes grandezas físicas:

a) carga elétrica;
b) capacitância eletrostática.

Resolução:

a) $i = \dfrac{\Delta Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta Q = i\,\Delta t \Rightarrow \boxed{[Q] = I\,T}$

Unidade SI de **Q**: A · s = coulomb (**C**)

b) $U = \dfrac{E}{Q} \Rightarrow [U] = \dfrac{M\,L^2\,T^{-2}}{IT}$

$[U] = M\,L^2\,T^{-3}\,I^{-1}$

$C = \dfrac{Q}{U} \Rightarrow [C] = \dfrac{[Q]}{[U]} = \dfrac{IT}{M\,L^2\,T^{-3}\,I^{-1}} \Rightarrow \boxed{[C] = M^{-1}\,L^{-2}\,T^4\,I^2}$

Unidade SI de **C**: $kg^{-1}\,m^{-2}\,s^4\,A^2$ = farad (**F**)

Respostas: a) I T; A · s = coulomb (**C**); b) $M^{-1}\,L^{-2}\,T^4\,I^2$; $kg^{-1}\,m^{-2}\,s^4\,A^2$ = farad (**F**)

9 (Mack-SP) Na equação dimensionalmente homogênea $x = at^2 - bt^3$, em que **x** tem dimensão de comprimento (**L**) e **t** tem dimensão de tempo (**T**), as dimensões de **a** e **b** são, respectivamente:

a) $L\,T$ e $L\,T^{-1}$
b) $L^2\,T^3$ e $L^{-2}\,T^{-3}$
c) $L\,T^{-2}$ e $L\,T^{-3}$
d) $L^{-2}\,T$ e T^{-3}
e) $L^2\,T^3$ e $L\,T^{-3}$

Resolução:

$[a\,t^2] = L$; $[b\,t^3] = L$

$[a]\,T^2 = L \Rightarrow \boxed{[a] = L\,T^{-2}}$

$[b]\,T^3 = L \Rightarrow \boxed{[b] = L\,T^{-3}}$

Resposta: c

10 (ITA-SP) Os valores de **x**, **y** e **z** para que a equação: $(\text{força})^x\,(\text{massa})^y = (\text{volume})\,(\text{energia})^z$ seja dimensionalmente correta são, respectivamente:

a) (–3, 0, 3).
b) (–3, 0, –3).
c) (3, –1, –3).
d) (1, 2, –1).
e) (1, 0, 1).

Resolução:

$(M\,L\,T^{-2})^x\,M^y = L^3\,(M\,L^2\,T^{-2})^z$

$M^{x+y}\,L^x\,T^{-2x} = M^z\,L^{2x+3}\,T^{-2z}$

Identificando os expoentes das potências de mesma base, vem:

$x + y = z$
$2z + 3 = x$
$-2z = -2x \Rightarrow z = x$

Logo:

$2x + 3 = x \Rightarrow \boxed{x = -3}$ e $\boxed{z = -3}$

$x + y = x \Rightarrow \boxed{y = 0}$

Resposta: b

11 (Mack-SP) Considerando as grandezas físicas **A** e **B** de dimensões respectivamente iguais a $M\,L\,T^{-2}$ e L^2, onde **M** é dimensão de massa, **L** é dimensão de comprimento e **T** é dimensão de tempo, a grandeza definida por $A \cdot B^{-1}$ tem dimensão de:

a) potência.
b) energia.
c) força.
d) quantidade de movimento.
e) pressão.

Resolução:

$[A] = M\,L\,T^{-2}$; $[B] = L^2$

$[G] = [A]\,[B]^{-1}$

$[G] = M\,L\,T^{-2}\,L^{-2}$

$\boxed{[G] = M\,L^{-1}\,T^{-2}}$

A grandeza $G = A\,B^{-1}$ tem a dimensão de **pressão.**

Resposta: e

12 (Fuvest-SP) Um estudante está prestando vestibular e não se lembra da fórmula correta que relaciona o módulo **V** da velocidade de propagação do som com a pressão **P** e a massa específica **ρ** (kg/m³), em um gás. No entanto, ele se recorda de que a fórmula é do tipo $v^\alpha = C\,\frac{P^\beta}{\rho}$, em que **C** é uma constante adimensional. Analisando as dimensões (unidades) das diferentes grandezas físicas, ele conclui que os valores corretos dos expoentes **α** e **β** são:

a) $\alpha = 1, \beta = 2.$
b) $\alpha = 1, \beta = 1.$
c) $\alpha = 2, \beta = 1.$
d) $\alpha = 2, \beta = 2.$
e) $\alpha = 3, \beta = 2.$

Resolução:

$$v^\alpha = C\,\frac{P^\beta}{\rho}$$

$[v] = L\,T^{-1}$; $[P] = M\,L^{-1}\,T^{-2}$; $[\rho] = M\,L^{-3}$

$$(L\,T^{-1})^\alpha = \frac{(M\,L^{-1}\,T^{-2})^\beta}{M\,L^{-3}}$$

$M^0\,L^\alpha\,T^{-\alpha} = M^{\beta-1}\,L^{3-\beta}\,T^{-2\beta}$

Identificando os expoentes das potências de mesma base, vem:

$\beta - 1 = 0 \Rightarrow \boxed{\beta = 1}$

$\alpha = 3 - \beta \Rightarrow \alpha = 3 - 1 \Rightarrow \boxed{\alpha = 2}$

Resposta: c

13 (ITA-SP) Durante a apresentação do projeto de um sistema acústico, um jovem aluno do ITA esqueceu-se da expressão da intensidade de uma onda sonora. Porém, usando da intuição, ele concluiu que a intensidade média (**I**) é uma função da amplitude do movimento do ar (**A**), da frequência (**f**), da densidade do ar (**ρ**) e da velocidade do som (**c**), chegando à expressão $I = A^x\,f^y\,\rho^z\,c$. Considerando-se as grandezas fundamentais **massa**, **comprimento** e **tempo**, assinale a opção correta que representa os respectivos valores dos expoentes **x**, **y** e **z**.

a) −1, 2, 2
b) 2, −1, 2
c) 2, 2, −1
d) 2, 2, 1
e) 2, 2, 2

Resolução:

$$I = \frac{\Delta E}{S\,\Delta t} \Rightarrow [I] = \frac{[\Delta E]}{[S]\,[\Delta t]}$$

$$[I] = \frac{M\,L^2\,T^{-2}}{L^2\,T}$$

Donde: $[I] = M\,L^0\,T^{-3}$

$I = A^x\,f^y\,\rho^z\,c$

Observando que:

$[A] = L$; $[f] = T^{-1}$; $[\rho] = M\,L^{-3}$ e $[c] = L\,T^{-1}$, vem:

$M\,L^0\,T^{-3} = L^x\,(T^{-1})^y\,(M\,L^{-3})^z\,L\,T^{-1}$

Donde:

$M\,L^0\,T^{-3} = M^z\,L^{x-3z+1}\,T^{-y-1}$

Identificando os expoentes das potências de mesma base, vem:

$\boxed{z = 1}$

$-y - 1 = -3 \Rightarrow \boxed{y = 2}$

$x - 3 + 1 = 0 \Rightarrow \boxed{x = 2}$

Resposta: d

14 (IME-RJ) Suponha que o módulo da velocidade de propagação **V** de uma onda sonora dependa somente da pressão **p** e da massa específica do meio **μ**, de acordo com a expressão:

$$V = p^x\,\mu^y$$

Use a análise dimensional para determinar a expressão do módulo da velocidade do som, sabendo-se que a constante adimensional vale 1.

Resolução:

$[V] = [p]^x\,[\mu]^y$

$[V] = M^0\,L\,T^{-1}$; $[p] = M\,L^{-1}\,T^{-2}$; $[\mu] = M\,L^{-3}$

$M^0\,L\,T^{-1} = (M\,L^{-1}\,T^{-2})^x\,(M\,L^{-3})^y \Rightarrow M^0\,L\,T^{-1} = M^{x+y}\,L^{-x-3y}\,T^{-2x}$

Identificando os expoentes das potências de mesma base, vem:

$x + y = 0$

$-x - 3y = 1$

$-2x = -1 \Rightarrow \boxed{x = \frac{1}{2}}$ e $\boxed{y = -\frac{1}{2}}$

Logo: $V = p^{\frac{1}{2}}\,\mu^{-\frac{1}{2}}$

Donde: $\boxed{V = \sqrt{\frac{p}{\mu}}}$

Resposta: $V = \sqrt{\frac{p}{\mu}}$

15 (ITA-SP) O módulo da velocidade de uma onda transversal, em uma corda tensa, depende da intensidade da força tensora **F** a que está sujeita a corda, de sua massa **m** e de seu comprimento **d**.
Fazendo uma análise dimensional, concluímos que o módulo da velocidade é proporcional a:

a) $\frac{F}{md}$
b) $\left(\frac{Fm}{d}\right)^2$
c) $\left(\frac{Fm}{d}\right)^{\frac{1}{2}}$
d) $\left(\frac{Fd}{m}\right)^{\frac{1}{2}}$
e) $\left(\frac{md}{F}\right)^2$

Resolução:

$v = k\,F^x\,m^y\,d^z$ (**k** é uma constante adimensional)

$[v] = M^0\,L\,T^{-1}$; $[F] = M\,L\,T^{-2}$

$M^0\,L\,T^{-1} = (M\,L\,T^{-2})^x\,M^y\,L^z \Rightarrow M^0\,L\,T^{-1} = M^{x+y}\,L^{x+z}\,T^{-2x}$

Identificando os expoentes das potências de mesma base, vem:

$x + y = 0$

$x + z = 1$

$-2x = -1 \Rightarrow \boxed{x = \frac{1}{2}}$

Logo: $\boxed{y = -\frac{1}{2}}$ e $\boxed{z = \frac{1}{2}}$

Assim:

$v = k\, F^{\frac{1}{2}}\, m^{-\frac{1}{2}}\, d^{\frac{1}{2}}$

Donde: $\boxed{v = k\left(\frac{Fd}{m}\right)^{\frac{1}{2}}}$

Por outros métodos, conclui-se que k = 1.

Resposta: d

16 No meio rural, todas as fontes energéticas são importantes. Uma das fontes é o vento, do qual se pode obter potência por meio de um cata-vento.

A potência do cata-vento depende, por meio de uma relação monômia, da densidade do ar **μ**, da área projetada do rotor **A** e do módulo da velocidade do ar **V**. Sendo **k** uma constante adimensional, determine a expressão da potência do vento **P**.

Resolução:

$P = k\, \mu^x\, A^y\, V^z$ (**k** é uma constante adimensional)

$[P] = M\,L^2\,T^{-3}$; $[\mu] = M\,L^{-3}$; $[A] = L^2$ e $[V] = L\,T^{-1}$

$M\,L^2\,T^{-3} = (M\,L^{-3})^x\,(L^2)^y\,(L\,T^{-1})^z \Rightarrow M\,L^2\,T^{-3} = M^x\,L^{-3x+2y+z}\,T^{-z}$

Identificando-se os expoentes das potências de mesma base, vem:

$\boxed{x = 1}$

$-3x + 2y + z = 2$

$-z = -3 \Rightarrow \boxed{z = 3}$

Logo:

$-3 + 2y + 3 = 2 \Rightarrow \boxed{y = 1}$

Assim: $\boxed{P = k\,\mu\,A\,V^3}$

Resposta: $P = k\,\mu\,A\,V^3$

17 Verifica-se experimentalmente que o fluxo de calor (**ϕ**) – energia por unidade de tempo – através de uma parede que separa dois ambientes mantidos em temperaturas constantes e diferentes depende da área (**A**) da parede, da diferença entre as temperaturas (**Δθ**) nos dois ambientes e do coeficiente de condutibilidade térmica (**C**) do material pelo qual o calor é conduzido, sendo, ainda, inversamente proporcional à espessura (**e**) da parede. Adotando uma constante adimensional (**k**), determine, por análise dimensional, a expressão de **ϕ** em função de **C**, **A**, **Δθ** e **e**.

É dada a expressão dimensional do coeficiente de condutibilidade térmica: $[C] = M\,L\,T^{-3}\,\theta^{-1}$, em que **M** é massa, **L** é comprimento, **T** é tempo e **θ** é temperatura.

Resolução:

$\phi = k\,A^x\,(\Delta\theta)^y\,C^z\,e^{-1}$

$\phi = \frac{\Delta E}{\Delta t} \Rightarrow [\phi] = \frac{M\,L^2\,T^{-2}}{T} \Rightarrow [\phi] = M\,L^2\,T^{-3}$

$[A] = L^2$; $[\Delta\theta] = \theta$; $[C] = M\,L\,T^{-3}\,\theta^{-1}$ e $[e] = L$

$M\,L^2\,T^{-3}\,\theta^0 = (L^2)^x\,\theta^y\,(M\,L\,T^{-3}\,\theta^{-1})^z\,L^{-1}$

$M\,L^2\,T^{-3}\,\theta^0 = M^z\,L^{2x+z-1}\,T^{-3x}\,\theta^{y-z}$

Identificando-se os expoentes das potências de mesma base, vem:

$\boxed{z = 1}$

$2x + z - 1 = 2 \Rightarrow 2x + 1 - 1 = 2 \Rightarrow \boxed{x = 1}$

$y - z = 0 \Rightarrow y - 1 = 0 \Rightarrow \boxed{y = 1}$

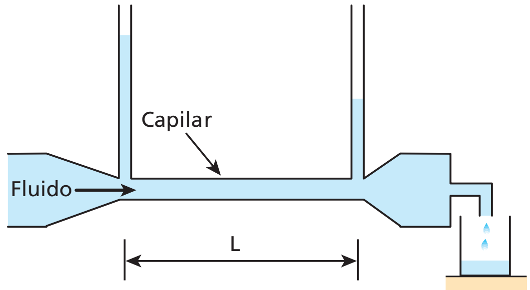
Logo: $\boxed{\phi = k\,C\,\frac{A\,\Delta\theta}{e}}$

Trata-se da Lei de Fourier e, por outros métodos, obtém-se k = 1.

Resposta: $\phi = k\,C\,\frac{A\,\Delta\theta}{e}$

18 (ITA-SP) A figura abaixo representa um sistema experimental utilizado para determinar o volume de um líquido por unidade de tempo que escoa através de um tubo capilar de comprimento **L** e seção transversal de área **A**. Os resultados mostram que a quantidade desse fluxo depende da variação da pressão ao longo do comprimento **L** do tubo por unidade de comprimento (ΔP/L), do raio do tubo (**a**) e da viscosidade do fluido (**η**) na temperatura do experimento. Sabe-se que o coeficiente de viscosidade (**η**) de um fluido tem a mesma dimensão do produto de uma tensão (força por unidade de área) por um comprimento dividido por uma velocidade.

Recorrendo à análise dimensional, podemos concluir que o volume de fluido coletado por unidade de tempo é proporcional a:



a) $\frac{A}{\eta}\,\frac{\Delta P}{L}$.

b) $\frac{\Delta P}{L}\,\frac{a^4}{\eta}$.

c) $\frac{L}{\Delta P}\,\frac{\eta}{a^4}$.

d) $\frac{\Delta P}{L}\,\frac{\eta}{A}$.

e) $\frac{L}{\Delta P}\,a^4\,\eta$.

Resolução:

$Z = k\left(\frac{\Delta P}{L}\right)^x a^y\,\eta^z$

$[\Delta P] = M\,L^{-1}\,T^{-2}$; $[L] = [a] = L$

$\eta = \frac{F}{A} \cdot \frac{d}{v}$

$[F] = M\,L\,T^{-2}$; $[A] = L^2$; $[d] = L$ e $[v] = L\,T^{-1}$

$[\eta] = \frac{M\,L\,T^{-2}}{L^2} \cdot \frac{L}{L\,T^{-1}} \Rightarrow [\eta] = M\,L^{-1}\,T^{-1}$

$Z = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ (**Z** representa a vazão)

$[Z] = \frac{L^3}{T} \Rightarrow [Z] = L^3\,T^{-1}$

Logo:

$M^0\,L^3\,T^{-1} = \left(\frac{M\,L^{-1}\,T^{-2}}{L}\right)^x L^y\,(M\,L^{-1}\,T^{-1})^z$

$M^0\,L^3\,T^{-1} = M^{x+z}\,L^{-2x+y-z}\,T^{-2x-z}$

Identificando os expoentes das potências de mesma base, temos:

$x + z = 0 \Rightarrow z = -x$ (I)

$-2x + y - z = 3$

$-2x - z = -1 \Rightarrow 2x + z = 1$ (II)

(I) em (II): $2x - x = 1 \Rightarrow \boxed{x = 1}$ e $\boxed{z = -1}$

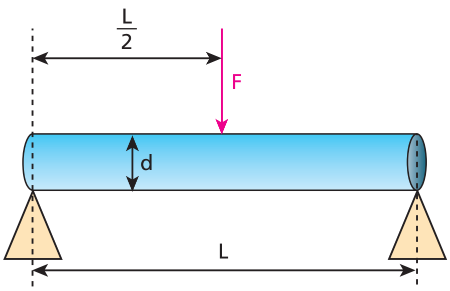
$-2(1) + y - (-1) = 3 \Rightarrow \boxed{y = 4}$

Logo: $Z = k \frac{\Delta P}{L} a^4 \eta^{-1}$

Donde: $\boxed{Z = k \frac{\Delta P}{L} \cdot \frac{a^4}{\eta}}$

Resposta: b

19 (Unicamp-SP) Além de suas contribuições fundamentais à Física, Galileu é considerado também o pai da Resistência dos Materiais, ciência muito usada em engenharia, que estuda o comportamento de materiais sob esforço. Galileu propôs empiricamente que uma viga cilíndrica de diâmetro **d** e comprimento (vão livre) **L**, apoiada nas extremidades, como na figura abaixo, rompe-se ao ser submetida a uma força vertical **F**, aplicada em seu centro, dada por $F = \sigma \frac{d^3}{L}$, em que **σ** é a tensão de ruptura característica do material do qual a viga é feita. Seja **γ** o peso específico (peso por unidade de volume) do material da viga.



a) Quais são as unidades de **σ** no Sistema Internacional de Unidades?

b) Encontre a expressão para o peso total da viga em termos de **γ**, **d** e **L**.

c) Suponha que uma viga de diâmetro d_1 se rompa sob a ação do próprio peso para um comprimento maior que L_1. Qual deve ser o diâmetro mínimo de uma viga feita do mesmo material com comprimento $2L_1$ para que ela não se rompa pela ação de seu próprio peso?

Resolução:

a) $F = \sigma \frac{d^3}{L} \Rightarrow \sigma = \frac{FL}{d^3}$

No SI, as unidades de **F**, **L** e **d** são, respectivamente, **N**, **m** e **m**. Logo:

Unidade (**σ**) $= \frac{N\,m}{m^3} = \frac{N}{m^2}$

Lembrando que a unidade de força **newton** (**N**) pode ser expressa por:

$N = kg \frac{m}{s^2}$,

Temos:

Unidade (**σ**) $= \frac{kg \frac{m}{s^2}}{m^2} = \frac{kg}{m\,s^2}$

Ou $\boxed{\text{unidade } (\sigma) = kg\,m^{-1}\,s^{-2}}$

b) Conforme o enunciado:

$\gamma = \frac{P}{V} \Rightarrow P = \gamma V$

Sendo $V = \frac{\pi d^2}{4} L$, segue que:

$$\boxed{P = \frac{\gamma \pi d^2 L}{4}}$$

c) O peso será a força vertical aplicada no centro da viga responsável pela sua flexão e consequente ruptura. Logo:

$F = P \Rightarrow \frac{\sigma d^3}{L} = \frac{\gamma \pi d^2 L}{4}$

Donde: $\boxed{\frac{4\sigma}{\gamma \pi} = \frac{L^2}{d}}$

1º caso: $\frac{4\sigma}{\gamma \pi} = \frac{L_1^2}{d_1}$ (I)

2º caso: $\frac{4\sigma}{\gamma \pi} = \frac{(2L_1)^2}{d_2}$ (II)

Comparando-se (I) e (II), vem:

$\frac{L_1^2}{d_1} = \frac{4L_1^2}{d_2} \Rightarrow \boxed{d_2 = 4d_1}$

Respostas: a) $kg\,m^{-1}\,s^{-2}$; b) $\frac{\gamma \pi d^2 L}{4}$; c) $4d_1$