

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 $-1,0 \text{ C}$.

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

Resolução:

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

$$Q = \pm ne$$

em que: $n = 1, 2, 3, \dots$ e e é a carga elementar.

Assim:

$$\begin{aligned} -1,0 &= -n \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \\ n &= \frac{1,0}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,625 \cdot 10^{19} \\ n &= 6,25 \cdot 10^{18} \text{ elétrons} \end{aligned}$$

2 Determine a carga elétrica de um condutor que, estando inicialmente neutro, perdeu $5,0 \cdot 10^{13}$ elétrons.

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

Resolução:

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

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

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

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

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_3 ?

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. c) apenas III. e) I, II e III.
- b) apenas II. d) apenas I 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; | d) alumínio; | g) platina; |
| b) vidro; | e) ouro; | h) náilon. |
| c) algodão; | f) porcelana; | |

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.

Aluno 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:
- um fica eletrizado positivamente e o outro continua neutro;
 - um fica eletrizado negativamente e o outro continua neutro;
 - ambos ficam eletrizados negativamente;
 - ambos ficam eletrizados positivamente;
 - 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.

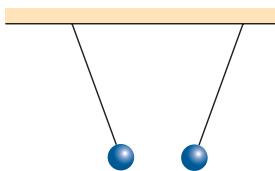
Resolução:

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

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

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:

- Marisa, Celine e Roberto.
- José, Roberto e Marisa.
- Roberto, Maria e José.
- Marisa e Roberto.
- Celine, José e Marisa.

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:
- negativa, negativa e positiva.
 - positiva, positiva e negativa.
 - positiva, negativa e positiva.
 - negativa, positiva e negativa.
 - positiva, positiva e positiva.

Resolução:

- 1) **x** e **y** (por atrito)

x (positivo) \Rightarrow cede elétrons para **y**
y (negativo) \Rightarrow recebe elétrons de **x**

- 2) **z** e **x** (por contato)

x (positivo)
y (negativo)

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:

- torna-se necessário manter um contato direto entre os corpos.
- deve-se ter um dos corpos ligados temporariamente a um aterramento.
- ao fim do processo de eletrização, os corpos adquirem cargas elétricas de sinais opostos.
- um dos corpos deve, inicialmente, estar carregado eletricamente.
- 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:

- carregado negativamente com uma carga igual a $1 \cdot 10^{-19}$ C.
- neutro.
- carregado positivamente com uma carga igual a $1,6$ C.
- carregado negativamente com uma carga igual a $1,6$ C.
- carregado positivamente com uma carga igual a $1 \cdot 10^{-19}$ C.

Resolução:

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

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

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

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

Observe que o corpo possui mais prótons 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 $\text{Ca}^{++}\text{Cl}_2^-$ (cloreto de cálcio). Calcule, em coulomb, a carga de cada íon:

a) Ca^{++} b) Cl^-

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

Resolução:

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

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

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

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

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:

$$\begin{array}{ll} \text{antes} & \left\{ \begin{array}{l} Q_Z = 0 \\ Q_M = +6q \end{array} \right. \\ & \text{após} \quad \left\{ \begin{array}{l} Q'_Z = +3q \\ Q'_M = +3q \end{array} \right. \end{array}$$

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

$$\begin{array}{ll} \text{antes} & \left\{ \begin{array}{l} Q'_Z = +3q \\ Q_N = +q \end{array} \right. \\ & \text{após} \quad \left\{ \begin{array}{l} Q''_Z = +2q \\ Q'_N = +2q \end{array} \right. \end{array}$$

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

$$\begin{array}{ll} \text{antes} & \left\{ \begin{array}{l} Q''_Z = +2q \\ Q_P = -4q \end{array} \right. \\ & \text{após} \quad \left\{ \begin{array}{l} Q'''_Z = -q \\ Q'_P = -q \end{array} \right. \end{array}$$

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

$Q'''_Z = -q$

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 $Q_B = 1,2 \mu\text{C}$ e $Q_C = 1,8 \mu\text{C}$. 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) $0,60 \mu\text{C}$, $0,60 \mu\text{C}$ e $1,8 \mu\text{C}$.
- b) $0,60 \mu\text{C}$, $1,2 \mu\text{C}$ e $1,2 \mu\text{C}$.
- c) $1,0 \mu\text{C}$, $1,0 \mu\text{C}$ e $1,0 \mu\text{C}$.
- d) $1,2 \mu\text{C}$, $0,60 \mu\text{C}$ e $1,2 \mu\text{C}$.
- e) $1,2 \mu\text{C}$, $0,8 \mu\text{C}$ e $1,0 \mu\text{C}$.

Resolução:

A e B

Antes

$Q_A = 0$

$Q_B = 1,2 \mu\text{C}$

Depois

$Q'_A = Q'_B = \frac{1,2 \mu\text{C}}{2}$

$Q'_A = Q'_B = 0,60 \mu\text{C}$

A e C

Antes

$Q'_A = 0,60 \mu\text{C}$

$Q_C = 1,8 \mu\text{C}$

Depois

$Q''_A = Q'_C = \frac{(0,60 + 1,8) \mu\text{C}}{2}$

$Q''_A = Q'_C = 1,2 \mu\text{C}$

Resposta: d

17 (Unifor-CE) Duas pequenas esferas idênticas estão eletrizadas com cargas de $6,0 \mu\text{C}$ e $-10 \mu\text{C}$, 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 $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

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 $Q_A = +2,40 \text{ nC}$; a segunda, denominada **B**, não está eletrizada; e a terceira, denominada **C**, está inicialmente eletrizada com carga $Q_C = -4,80 \text{ nC}$. 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 $= -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

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:

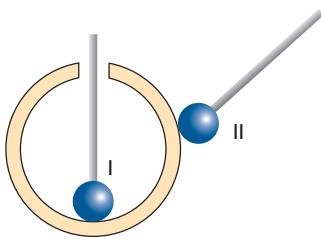
$$\Delta Q_c = n e$$

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

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

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:

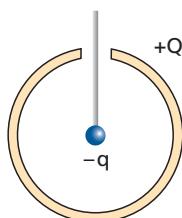
- a) zero e negativa; d) positiva e zero;
b) zero e positiva; e) negativa e positiva.
c) positiva e negativa;

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 superfície e torna-se eletricamente positiva.

Resposta: b

- 20** (UFPE) Uma grande esfera condutora, oca e isolada, está carregada com uma carga $Q = 60 \text{ mC}$. Através de uma pequena abertura, no topo da esfera, é introduzida uma pequena esfera metálica, de carga $q = -6 \text{ mC}$, 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:

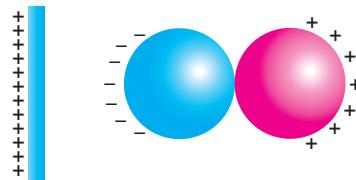
No contato, toda a carga elétrica existente na esfera menor passará para a superfície externa da esfera maior.

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

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

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.

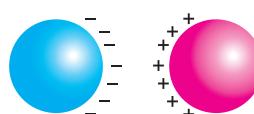


Em seguida, sem tirar do lugar a barra eletrizada, afasta-se um pouco uma esfera da outra. Finalmente, sem mexer mais nas esferas, remove-se a barra, levando-a para muito longe das esferas. Nessa situação final, a figura que melhor representa a distribuição de cargas nas duas esferas é:

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

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:

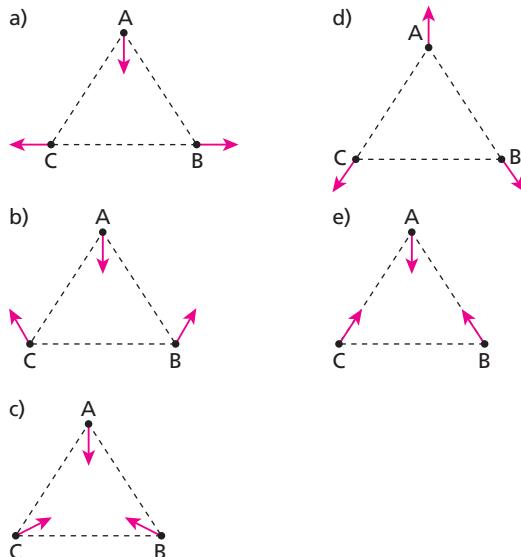
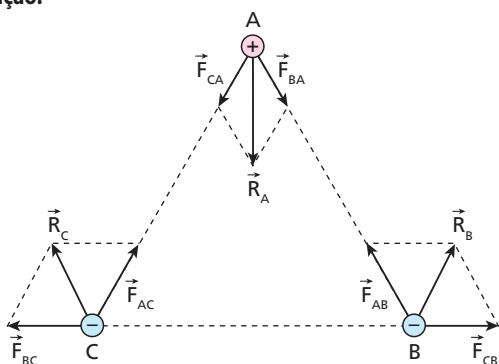
- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

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:

**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 $+4,0 \mu\text{C}$ e $-3,0 \mu\text{C}$, estando elas no vácuo à distância de $6,0 \text{ cm} = 6,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$.

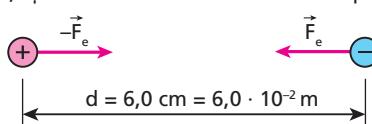
Dado: constante eletrostática do vácuo $K_0 = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$

Resolução:

Como as cargas têm sinais opostos, a interação entre elas é atrativa.

$$Q = +4,0 \mu\text{C}$$

$$q = -3,0 \mu\text{C}$$



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

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

Substituindo os valores conhecidos, vem:

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

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

- 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:

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

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

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:

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