



EXERCÍCIOS APROFUNDADOS 2020 - 2022



# ELETRÓSTÁTICA





# ELETROSTÁTICA

Conheça as grandezas básicas da eletricidade, os processos de eletrização e aprenda a calcular a força elétrica através da Lei de Coulomb.

**Esta subárea é composta pelos módulos:**

1. Exercícios Aprofundados: Força Elétrica e Processos de Eletrização
2. Exercícios Aprofundados: Campo e Potencial Elétrico
3. Exercícios Aprofundados: Capacitores



# FORÇA ELÉTRICA E PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

1. (FUVEST 2018) Um grupo de alunos, em uma aula de laboratório, eletriza um canudo de refrigerante por atrito, com um lenço de papel. Em seguida, com o canudo, eles eletrizam uma pequena esfera condutora, de massa 9g, inicialmente neutra, pendurada em um fio de seda isolante, de comprimento  $L$ , preso em um ponto fixo  $P$ . No final do processo, a esfera e o canudo estão com cargas de sinais opostos.

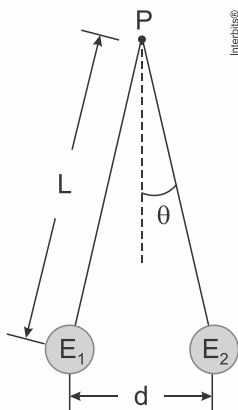
a. Descreva as etapas do processo de eletrização da esfera.

---

---

---

Em seguida, os alunos colocam a esfera eletrizada ( $E_1$ ) em contato com outra esfera ( $E_2$ ), idêntica à primeira, eletricamente neutra e presa na extremidade de outro fio de seda isolante, também de comprimento  $L$ , fixo no ponto  $P$ . O sistema adquire a configuração ilustrada na figura, sendo  $d = 8 \text{ cm}$ .



Para o sistema em equilíbrio nessa configuração final, determine

- b. o módulo da tensão  $T$  em um dos fios isolantes;
- c. o módulo da carga  $q_2$  da esfera  $E_2$ ;
- d. a diferença  $N$  entre o número de elétrons e de prótons na esfera  $E_2$  após a eletrização.

Note e adote:

Para a situação descrita, utilize:  $\cos\theta = 1$  e  $\sin\theta = 1$ .

Aceleração da gravidade:  $10 \text{ m/s}^2$ .

Força elétrica entre duas cargas puntiformes  $Q_1$  e  $Q_2$  distantes  $r$  uma da outra:  $KQ_1Q_2/r^2$

$K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ .

Carga do elétron:  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

Ignore a massa dos fios.

---

---

---

2. (UNICAMP 2016) Sabe-se atualmente que os prótons e nêutrons não são partículas elementares, mas sim partículas formadas por três quarks. Uma das propriedades importantes do quark é o sabor, que pode assumir seis tipos diferentes: top, bottom, charm, strange, up e down. Apenas os quarks up e down estão presentes nos prótons e nos nêutrons. Os quarks possuem carga elétrica fracionária. Por exemplo, o quark



up tem carga elétrica igual a  $q_{up} = +2/3e$  e o quark down e o  $q_{down} = -1/3e$ , onde  $e$  é o módulo da carga elementar do elétron.

a. Quais são os três quarks que formam os prótons e os nêutrons?

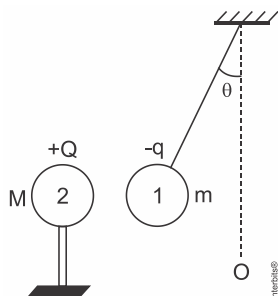
b. Calcule o módulo da força de atração eletrostática entre um quark up e um quark down separados por uma distância  $d = 0,2 \times 10^{-15} \text{ m}$ . Caso necessário, use  $K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$  e  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

---

---

---

3. (UFPR 2015) Uma esfera condutora, indicada pelo número 1 na figura, tem massa  $m = 20 \text{ g}$  e carga negativa  $-q$ . Ela está pendurada por um fio isolante de massa desprezível e inextensível. Uma segunda esfera condutora, indicada pelo número 2 na figura, com massa  $M = 200 \text{ g}$  e carga positiva  $Q = 3 \mu\text{C}$ , está sustentada por uma haste isolante. Ao aproximar a esfera 2 da esfera 1 ocorre atração. Na situação de equilíbrio estático, o fio que sustenta a esfera 1 forma um ângulo  $\theta = 27^\circ$  com a vertical e a distância entre os centros das esferas é de  $10 \text{ cm}$ . Calcule a carga  $-q$  da esfera 1.



Para a resolução deste problema considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$  e  $\tan 27^\circ = 0,5$ .

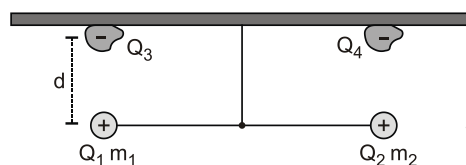
---

---

---

4. (UEG 2012) Duas partículas de massas  $m_1$  e  $m_2$  estão presas a uma haste retilínea que, por sua vez, está presa, a partir de seu ponto médio, a um fio inextensível, formando uma balança em equilíbrio. As partículas estão positivamente carregadas com carga  $Q_1 = 3,0 \mu\text{C}$  e  $Q_2 = 0,3 \mu\text{C}$ . Diretamente acima das partículas, a uma distância  $d$ , estão duas distribuições de carga  $Q_3 = -1,0 \mu\text{C}$  e  $Q_4 = -6,0 \mu\text{C}$ , conforme descreve a figura

Dado:  $k_0 = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$



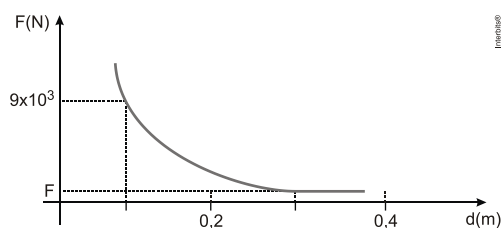
Sabendo que o valor de  $m_1$  é de  $30 \text{ g}$  e que a aceleração da gravidade local é de  $10 \text{ m/s}^2$ , determine a massa  $m_2$

---

---

---

5. (UFTM 2012) O gráfico mostra como varia a força de repulsão entre duas cargas elétricas, idênticas e puntiformes, em função da distância entre elas.



Considerando a constante eletrostática do meio como  $k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ , determine:

a. o valor da força  $F$ .





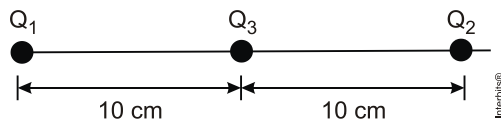
b. a intensidade das cargas elétricas.

---

---

---

6. (UFPE 2011) Considerando que as três cargas da figura estão em equilíbrio, determine qual o valor da carga  $Q_1$  em unidades de  $10^{-9}\text{C}$ . Considere  $Q_3 = -3 \cdot 10^{-9}\text{C}$ .

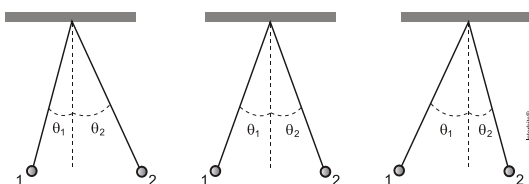


---

---

---

7. (UFMG 2013) Gustavo dispõe de três esferas metálicas, esferas 1, 2 e 3 de raios iguais e muito pequenos, com as quais realiza experimentos de eletrostática. As esferas 1 e 2 têm massas iguais,  $m$ , e a esfera 3 tem uma massa maior,  $M$ . As três esferas foram eletricamente carregadas, sendo que as cargas nas esferas 1 e 3 são iguais,  $Q$ , e na esfera 2 a carga é menor,  $q$ . Em um primeiro experimento, Gustavo pendura as esferas 1 e 2 por fios isolantes longos, de mesmo comprimento, e presos no mesmo ponto. Nas figuras, são apresentadas três alternativas de configurações para as posições de equilíbrio dessas duas esferas;  $\theta_1$  e  $\theta_2$  são, respectivamente, os ângulos que os fios de sustentação das esferas 1 e 2 fazem com a vertical.



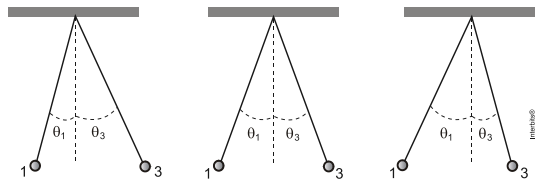
a. ASSINALE com um X a opção que apresenta a relação correta entre os ângulos na configuração de equilíbrio. JUSTIFIQUE sua resposta.

( )  $\theta_1 < \theta_2$

( )  $\theta_1 = \theta_2$

( )  $\theta_1 > \theta_2$

Em um segundo experimento, Gustavo suspende as esferas 1 e 3 de maneira semelhante à anterior.



b. ASSINALE com um X a opção que apresenta a relação correta entre os ângulos na configuração de equilíbrio. JUSTIFIQUE sua resposta.

( )  $\theta_1 < \theta_3$

( )  $\theta_1 = \theta_3$

( )  $\theta_1 > \theta_3$

c. Finalmente, Gustavo, usando luvas isolantes, força um contato elétrico simultâneo das três esferas. ASSINALE com um X a opção que dá a relação correta entre os novos valores das cargas  $q_1$ ,  $q_2$  e  $q_3$  nas esferas 1, 2 e 3, respectivamente. JUSTIFIQUE sua resposta.

( )  $q_1 < q_2 = q_3$

( )  $q_1 = q_2 = q_3$

( )  $q_1 = q_2 < q_3$

8. (UFPE 2013) Duas esferas metálicas iguais, A e B, estão carregadas com cargas  $Q_A = +76\mu\text{C}$  e  $Q_B = +98\mu\text{C}$ , respectivamente. Inicialmente, a esfera A é conectada momentaneamente ao solo através de um fio metálico. Em seguida, as esferas são postas em contato



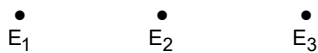
momentaneamente. Calcule a carga final da esfera B, em  $\mu\text{C}$ .

---

---

---

9. (UERJ 2012) Três pequenas esferas metálicas,  $E_1$ ,  $E_2$  e  $E_3$ , eletricamente carregadas e isoladas, estão alinhadas, em posições fixas, sendo  $E_2$  equidistante de  $E_1$  e  $E_3$ . Seus raios possuem o mesmo valor, que é muito menor que as distâncias entre elas, como mostra a figura:



As cargas elétricas das esferas têm, respectivamente, os seguintes valores:

$$Q_1 = 20 \mu\text{C}$$

$$Q_2 = -4 \mu\text{C}$$

$$Q_3 = 1 \mu\text{C}$$

Admita que, em um determinado instante,  $E_1$  e  $E_2$  são conectadas por um fio metálico; após alguns segundos, a conexão é desfeita.

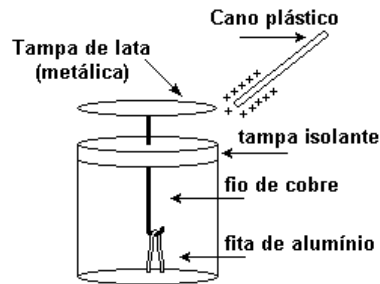
Nessa nova configuração, determine as cargas elétricas de  $E_1$  e  $E_2$  e apresente um esquema com a direção e o sentido da força resultante sobre  $E_3$ .

---

---

---

10. (UFRJ 2003) Um aluno montou um eletroscópio para a Feira de Ciências da escola, conforme ilustrado na figura a seguir. Na hora da demonstração, o aluno atritou um pedaço de cano plástico com uma flanela, deixando-o eletrizado positivamente, e em seguida encostou-o na tampa metálica e retirou-o.



O aluno observou, então, um ângulo de abertura  $\alpha_1$  na folha 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 do eletroscópio sem encostar nele, observando um ângulo de abertura  $\alpha_2$ . Compare  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$ , justificando sua resposta.

---

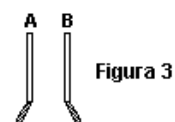
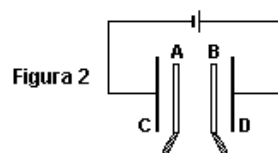
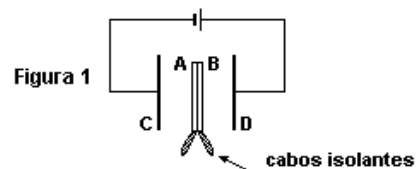
---

---

---

11. (UFRJ 2002) Um aluno deseja carregar duas placas A e B por indução. Utilizando cabos isolantes, o aluno junta as duas placas e as coloca entre duas outras placas grandes, paralelas, C e D, ligadas a uma bateria, como ilustra a Figura 1.

Ainda entre as duas placas C e D, ele separa as placas A e B (Figura 2) e em seguida as retira daquela região (Figura 3).





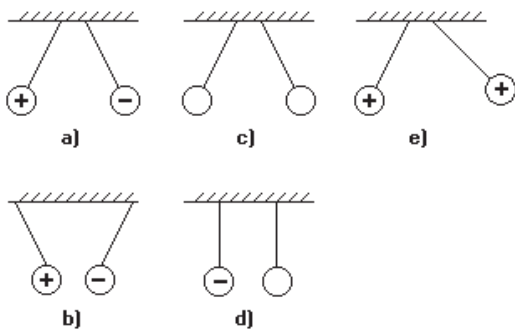
- a. Indique os sinais das cargas das placas A e B no estado final;
- b. compare os módulos dessas cargas entre si, indicando se o módulo da carga de A é maior, igual ou menor do que o módulo da carga de B. Justifique suas respostas.

---

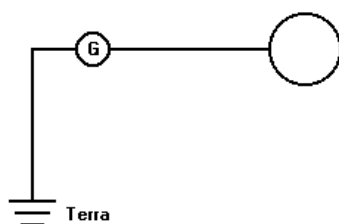
---

---

12. (UNICAMP 1993) Cada uma das figuras a seguir representa duas bolas metálicas de massas iguais, em repouso, suspensas por fios isolantes. As bolas podem estar carregadas eletricamente. O sinal da carga está indicado em cada uma delas. A ausência de sinal indica que a bola está descarregada. O ângulo do fio com a vertical depende do peso da bola e da força elétrica devido à bola vizinha. Indique em cada caso se a figura está certa ou errada.



13. (UNESP 1997) A figura a seguir mostra uma esfera condutora ligada à Terra por meio de um galvanômetro G.



Com esta montagem, observou-se que o galvanômetro indica:

- um pulso de corrente, enquanto se aproxima da esfera condutora um bastão carregado com cargas positivas, e
- outro pulso de corrente, mas de sentido contrário ao primeiro, quando se leva para longe da esfera o mesmo bastão.

Usando a seguinte representação

carga positiva: +

carga negativa: -

carga nula: n

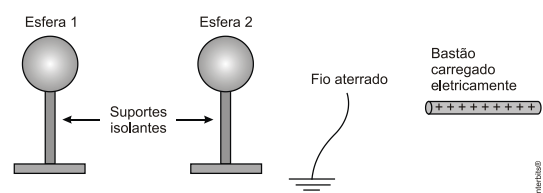
- a. copie e complete a figura, mostrando tanto a distribuição de cargas na esfera condutora como o sentido da corrente de elétrons que flui pelo galvanômetro G, enquanto se aproxima da esfera o bastão carregado;
- b. copie novamente e complete a figura, mostrando tanto a distribuição de cargas na esfera condutora como o sentido da corrente de elétrons que flui pelo galvanômetro G, quando se leva para longe da esfera o bastão carregado.

---

---

14. (UFV 2000) Deseja-se, disposto do material ilustrado a seguir, carregar as esferas metálicas com cargas de mesmo módulo e sinais opostos, sem encostar o bastão nas esferas.

Descreva, em etapas, e apresentando as respectivas ilustrações, o procedimento necessário para se atingir este objetivo.



---

---



The diagram illustrates the experimental setup. Two spheres, A and B, are suspended by insulating threads (fio izolante) from supports (suport). Sphere A is positively charged (+) and sphere B is negatively charged (-). They are positioned 1 m apart above an insulating surface (suprafata izolanta). The entire setup is on a table (masa).

essa esfera corresponde apenas à força de interação elétrica.

Calcule a aceleração, em  $\text{m/s}^2$ , adquirida pela esfera imediatamente após o corte do fio.

**Dado:** constante eletrostática do meio,  $k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$ .

---

---

---

---

## ANOTAÇÕES

This image shows a full page of blank handwriting practice paper. It features 20 evenly spaced, horizontal blue lines running across the entire width of the page. The lines are thin and consistent in color, providing a guide for letter height and placement. There are no margins, text, or other markings on the paper.





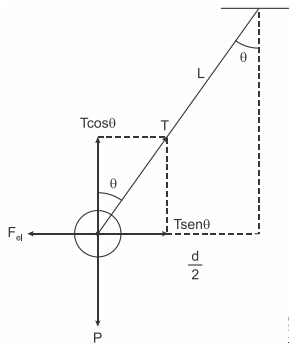
# GABARITO



1.

a. O canudo eletrizado é aproximado da esfera sem que haja contato, esta é então atraída por ele por indução eletrostática, com as cargas de sinal contrário às do canudo concentradas no lado próximo a ele. Em seguida, aterra-se o lado oposto da esfera, fazendo com que ela perca ou receba elétrons. Após rompida a ligação, afasta-se o canudo, ficando ele e a esfera eletrizados com cargas de sinais opostos.

b. Na situação de equilíbrio, para uma das esferas, temos:



$$T \cos \theta = P$$

$$T \cdot 1 = 9 \cdot 10^{-3} \cdot 10$$

$$\therefore T = 9 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

c. Teremos:

$$F_{el} = T \sin \theta$$

$$\frac{k |q_1| |q_2|}{d^2} = T \sin \theta$$

$$\frac{9 \cdot 10^9 \cdot |q_2|^2}{(8 \cdot 10^{-2})^2} = 9 \cdot 10^{-2} \cdot 0,1 \quad (|q_1| = |q_2|)$$

$$\therefore |q_2| = 8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

d. Teremos:

$$|q_2| = N \cdot e$$

$$8 \cdot 10^{-8} = N \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$$

$$\therefore N = 5 \cdot 10^{11}$$

2.

a. Dados:  $q_{up} = \frac{2e}{3}$ ;  $q_{down} = \frac{-e}{3}$ ;  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

Analisando os dados, conclui-se que:

- o próton é formado por 2 quarks up e 1 quark

down.

$$q_P = 2q_{up} + 1q_{down} \Rightarrow q_P = 2\frac{2e}{3} - \frac{e}{3} = 3\frac{e}{3} \Rightarrow q_P = e.$$

- o nêutron é formado por 1 quark up e 2 quarks down.

$$q_N = 1q_{up} + 2q_{down} \Rightarrow q_P = \frac{2e}{3} - 2\frac{e}{3} \Rightarrow q_N = 0.$$

b. Dados:

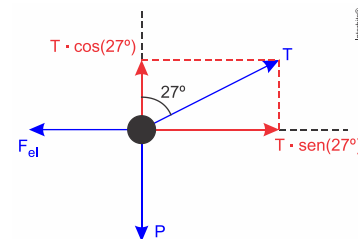
$$d = 0,2 \times 10^{-15} \text{ m}; e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}; K = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2.$$

A força de interação é dada pela lei de Coulomb:

$$F = K \frac{|q_{up}| |q_{down}|}{d^2} = K \frac{\frac{2e}{3} \times \frac{e}{3}}{d^2} = K \frac{2e^2}{9d^2} \Rightarrow$$

$$\frac{9 \times 10^9 \times 2 \times (1,6 \times 10^{-19})^2}{9(2 \times 10^{-16})^2} \Rightarrow \boxed{F = 1280 \text{ N.}}$$

3. Analisando o diagrama de forças da esfera 1,



Como a esfera está em equilíbrio, podemos dizer que:

$$\begin{cases} F_{el} = T \cdot \sin(27^\circ) & (1) \\ P = T \cdot \cos(27^\circ) & (2) \end{cases}$$

Isolando a tração (T) na equação (2) e substituindo em (1), temos que:

$$F_{el} = \frac{P}{\cos(27^\circ)} \cdot \sin(27^\circ)$$

$$\frac{k \cdot Q \cdot q}{d^2} = m \cdot g \cdot \tan(27^\circ)$$

$$q = \frac{m \cdot g \cdot \tan(27^\circ) \cdot d^2}{k \cdot Q}$$

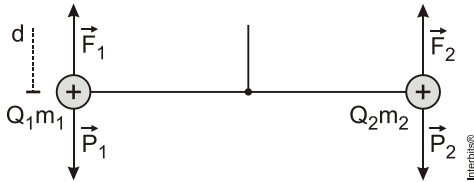
$$q = \frac{(20 \cdot 10^{-3}) \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot (0,1)^2}{(9 \cdot 10^9) \cdot (3 \cdot 10^{-6})}$$

$$q \approx 37 \text{ nC}$$



4. A partir da informação, fornecida pelo enunciado, de que a haste está presa em seu ponto médio formando uma balança em equilíbrio, podemos concluir que a resultante das forças que atuam nas massas  $m_1$  e  $m_2$ , é igual a zero.

Desenhando as forças que atuam em  $Q_1m_1$  e  $Q_2m_2$ :



Onde:

$F_1$ : força elétrica trocada entre  $Q_1$  e  $Q_3$ ;

$$F_1 = \frac{K_0 \cdot |Q_1| \cdot |Q_3|}{d^2}$$

$P_1$ : força peso que atua na partícula  $m_1$ ;

$$P_1 = m_1 \cdot g$$

$F_2$ : força elétrica trocada entre  $Q_2$  e  $Q_4$ ;

$$F_2 = \frac{K_0 \cdot |Q_2| \cdot |Q_4|}{d^2}$$

$P_2$ : força peso que atua na partícula  $m_2$ ;

$$P_2 = m_2 \cdot g$$

Como a resultante das forças que atuam nas massas  $m_1$  e  $m_2$  é igual a zero:  $P_1 = F_1$  e  $P_2 = F_2$

$$P_1 = F_1 \rightarrow m_1 \cdot g = \frac{K_0 \cdot |Q_1| \cdot |Q_3|}{d^2} \rightarrow d^2 = \frac{K_0 \cdot |Q_1| \cdot |Q_3|}{m_1 \cdot g}$$

Substituindo os valores: (lembre-se que  $1\mu = 10^{-6}$  e que  $1g = 10^{-3}kg$ )

$$d^2 = \frac{9 \times 10^9 \cdot 3 \times 10^{-6} \cdot 1 \times 10^{-6}}{30 \times 10^{-3} \cdot 10} \rightarrow d = 0,3m$$

$$P_2 = F_2 \rightarrow m_2 \cdot g = \frac{K_0 \cdot |Q_2| \cdot |Q_4|}{d^2} \rightarrow m_2 = \frac{K_0 \cdot |Q_2| \cdot |Q_4|}{d^2 \cdot g}$$

Substituindo os valores: (lembre-se que  $1\mu = 10^{-6}$ )

$$m_2 = \frac{9 \times 10^9 \cdot 0,3 \times 10^{-6} \cdot 6 \times 10^{-6}}{(0,3)^2 \cdot 10} \rightarrow m_2 = 0,018kg = 18g$$

5.

a. Aplicando a lei de Coulomb aos pontos mostrados no gráfico:

$$F = \frac{k|Q|^2}{d^2} \left\{ \begin{array}{l} F = \frac{k|Q|^2}{(0,3)^2} \\ 9 \times 10^3 = \frac{k|Q|^2}{(0,1)^2} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{F}{9 \times 10^3} = \frac{k|Q|^2}{(0,3)^2} \times \frac{(0,1)^2}{k|Q|^2} \Rightarrow$$

$$\frac{F}{9 \times 10^3} = \frac{(0,1)^2}{(0,3)^2} \Rightarrow \frac{F}{9 \times 10^3} = \frac{1}{9} \Rightarrow$$

$$F = 1 \times 10^3 \text{ N}$$

b. Aplicando novamente a lei de Coulomb:

$$F = \frac{k|Q|^2}{d^2} \Rightarrow k|Q|^2 = F d^2 \Rightarrow |Q| = d \sqrt{\frac{F}{k}} \Rightarrow$$

$$|Q| = 0,1 \sqrt{\frac{9 \times 10^3}{9 \times 10^9}} = 0,1 \sqrt{10^{-6}} \Rightarrow$$

$$|Q| = 1 \times 10^{-4} \text{ C}$$

6. Por simetria  $Q_3$  só ficará em equilíbrio se  $Q_1 = Q_2$ . Como  $Q_1$  e  $Q_2$  têm o mesmo sinal elas irão repelir-se, portanto elas devem ser atraídas por  $Q_3$  para também permanecerem em equilíbrio.

Sendo assim  $Q_1 = Q_2 > 0$  e a atração entre  $Q_3$  e  $Q_1$  deve ser compensada pela repulsão entre  $Q_2$  e  $Q_1$ .

$$\frac{k|Q_1||Q_3|}{d_{13}^2} = \frac{k|Q_1||Q_2|}{d_{12}^2}$$

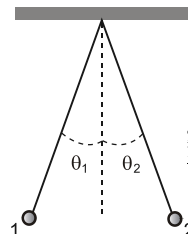
$$\frac{|Q_3|}{0,1^2} = \frac{|Q_2|}{0,2^2} \rightarrow |Q_2| = 4|Q_3| = 12 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$Q_1 = Q_2 = 12 \times 10^{-9} \text{ C}$$

Portanto, o valor da carga  $Q_1$ , em unidades de  $10^{-9}C$ , é igual a 12.

7.

a. As forças elétricas trocadas entre as esferas 1 e 2 são de mesma intensidade pois formam um par ação-reação e elas têm mesmo peso, os ângulos são iguais, ou seja,  $\theta_1 = \theta_2$ , como mostrado na figura.



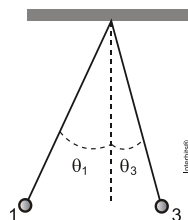
$$( ) \theta_1 < \theta_2$$

$$(X) \theta_1 = \theta_2$$

$$( ) \theta_1 > \theta_2$$



b. As forças elétricas trocadas entre as esferas 1 e 3 são de mesma intensidade pois formam um par ação-reação; como a esfera 3 tem maior peso,  $\theta_3 < \theta_1$ , como mostrado na figura.



( )  $\theta_1 < \theta_3$

( )  $\theta_1 = \theta_3$

(X)  $\theta_1 > \theta_3$

c. Como as esferas são condutoras e de mesmo raio, o excesso de carga é dividido igualmente entre elas. Assim:

( )  $q_1 < q_2 = q_3$ .

(X)  $q_1 = q_2 = q_3$ .

( )  $q_1 = q_2 < q_3$ .

8. Como a esfera A foi conectada com a terra ela se descarregou.

Ao ter contato com a esfera B a carga desta esfera irá distribuir-se igualmente pelas duas.

$$(Q_A)_{\text{final}} = (Q_B)_{\text{final}} = \frac{(Q_B)_{\text{inicial}}}{2} = \frac{98}{2} = 49 \mu\text{C}.$$

9. Conectando as esferas por fios condutores, haverá um rearranjo das cargas. Considerando as esferas idênticas, a carga final de cada uma após a conexão é dada por:

$$Q' = \frac{Q_A + Q_B}{2} = \frac{20 + (-4)}{2}$$

$$\therefore Q' = 8 \mu\text{C}$$

Como a carga final de todas as esferas é positiva, a força entre elas será repulsiva. Assim sendo, após a desconexão dos cabos condutores, a força resultante sobre a partícula 3 pode ser representada pela ilustração abaixo:



10.

a. Ao encostar o cano na tampa, a parte metálica do eletroscópio, esta fica carregada positivamente, isto é, elétrons migram da tampa para o cano e as

duas metades da fita de alumínio se repelem.

b. Por indução cargas negativas (elétrons) se deslocaram para a tampa ficando as lâminas de alumínio ainda mais carregadas positivamente, se afastando mais, logo  $\alpha_1 < \alpha_2$ .

11.

a. As placas C e D, por indução, redistribuem as cargas de A e B, resultando predominância de cargas positivas em A e de cargas negativas em B.

Como a separação de A e B foi feita entre C e D, as cargas induzidas se mantêm inalteradas. Ao serem retiradas daquela região, teremos:

Carga de A: positiva

Carga de B: negativa.

b. pelo princípio da conservação da carga,  $|Q_A| = |Q_B|$

12.

a. errada

b. certa

c. errada

d. errada

e. errada

13. Observe as figuras A e B a seguir:

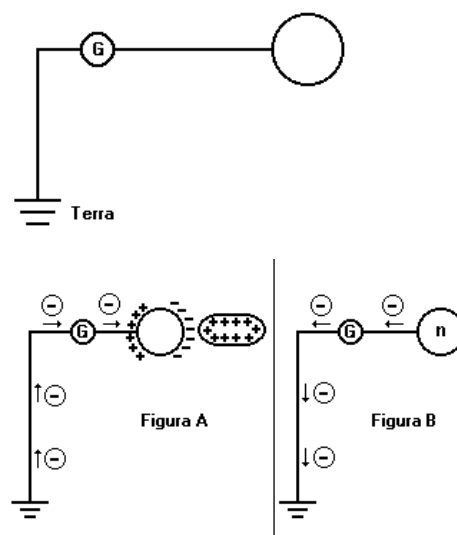


Fig. A - distribuição das cargas na esfera condutora e o sentido da corrente de elétrons que flui pelo galvanômetro G quando se aproxima da esfera o bastão carregado.

Fig. B - distribuição das cargas na esfera condutora e o sentido da corrente de elétrons que flui pelo galvanômetro G quando se afasta da esfera o bastão carregado.



14. 1ª Solução:

1º) Aproxima-se o bastão, eletrizado positivamente, da esfera 2;

2º) Liga-se o fio aterrado a um ponto qualquer da esfera 2;

3º) Ocorre um fluxo de elétrons através do fio, da Terra para a esfera 2, eletrizando-a negativamente;

4º) Desliga-se o fio aterrado da esfera 2 e afasta-se o bastão;

5º) Aproxima-se a esfera 2, eletrizada negativamente, da esfera 1;

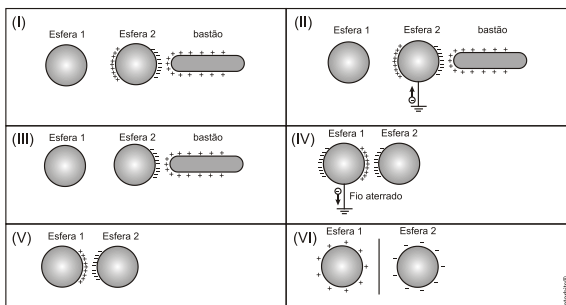
6º) Liga-se o fio aterrado a um ponto qualquer da esfera 1;

7º) Ocorre um fluxo de elétrons da esfera 1 para a Terra, eletrizando-a positivamente;

8º) Desliga-se o fio aterrado da esfera 1 e afastam-se as esferas.

OBS: por esse processo, não se pode garantir que as cargas finais das esferas tenham mesmo módulo.

A sequência de figuras, (I), (II), (III), (IV), (V) e (VI), ilustra o processo.



2ª Solução:

1º) Colocam-se as esferas em contato;

2º) Aproxima-se o bastão, eletrizado positivamente, da esfera 2;

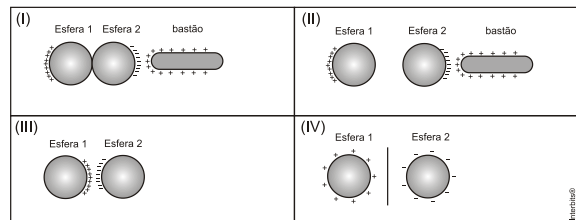
3º) Com o bastão ainda próximo, separam-se as esferas;

4º) Afasta-se o bastão.

5º) Separam-se as esferas.

OBS: Por esse processo, não se usa o fio aterrado, mas, se as esferas têm mesmo raio, elas têm cargas finais mesmo módulo.

A sequência de figuras, (I), (II), (III) e (IV), ilustra o processo.



15. A força resultante é a força elétrica. Aplicando o princípio fundamental da dinâmica:

$$F_{\text{res}} = F_{\text{el}} \Rightarrow m a = \frac{k |Q| |Q|}{d^2}$$
$$\Rightarrow a = \frac{k Q^2}{m d^2} = \frac{9 \times 10^9 \cdot 10^{-12}}{10^{-3} \cdot 1} \Rightarrow a = 9 \text{ m/s}^2.$$

ANOTAÇÕES

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---