Resoluções dos exercícios propostos

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

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

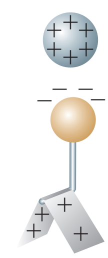
- Contato entre A e C:

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

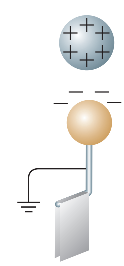
- Contato entre C (após o contato com A) e B:

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

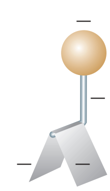
P.3 a) O eletroscópio sofre indução eletrostática. Na esfera, desenvolvem-se cargas negativas (de sinal oposto à carga do corpo aproximado). Nas folhas desenvolvem-se cargas positivas e, por isso, elas se afastam.



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



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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

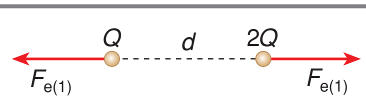
a) $F_G = G \cdot \frac{m_1 m_2}{d^2} \Rightarrow F_G = 6,67 \cdot 10^{-11}\ \frac{2 \cdot 2}{(2)^4} \Rightarrow \boxed{F_G = 6,67 \cdot 10^{-11}\ N}$

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

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

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

P.8



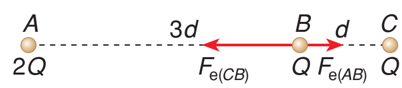
$$F_{e(1)} = k_0 \cdot \frac{|Q| \cdot |2Q|}{d^2} \Rightarrow F_{e(1)} = k_0 \cdot \frac{2Q^2}{d^2} \quad (1)$$

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

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

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

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



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

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

Dividindo ① por ②, temos:

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

A força resultante sobre B tem intensidade:

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

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

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

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

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

Direção: radial
Sentido: do elétron para o próton

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

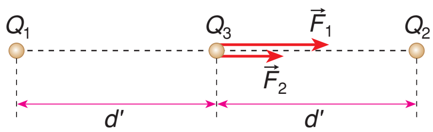
$$F_e = F_{cp} \Rightarrow k \cdot \frac{e^2}{r_n^2} = m_e \cdot \frac{v^2}{r_n} \Rightarrow \boxed{v = e \cdot \sqrt{\frac{k}{m_e \cdot r_n}}}$$

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

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

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

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



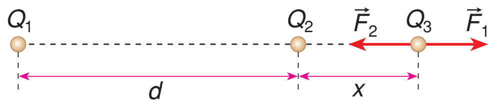
$F_1 = k_0 \cdot \dfrac{|Q_1| \cdot |Q_3|}{(d')^2} \Rightarrow F_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{8 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-8}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} \Rightarrow F_1 = 8 \cdot 10^{-3}$ N

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

A força resultante em Q_3 tem intensidade:

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

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



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

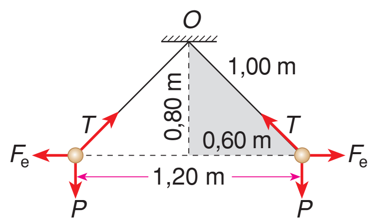
$F_1 = F_2 \Rightarrow k_0 \cdot \dfrac{|Q_1| \cdot |Q_3|}{(d + x)^2} = k_0 \cdot \dfrac{|Q_2| \cdot |Q_3|}{x^2} \Rightarrow$

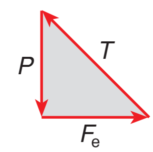
$\Rightarrow \dfrac{8 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-8}}{(d + x)^2} = \dfrac{2 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-8}}{x^2} \Rightarrow \dfrac{4}{(d + x)^2} = \dfrac{1}{x^2} \Rightarrow$

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

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

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





A semelhança entre os triângulos assinalados fornece:

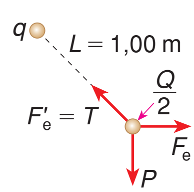
$$\frac{F_e}{0,60} = \frac{P}{0,80} = \frac{T}{1,00} \Rightarrow F_e = \frac{3}{4} \cdot P \text{ e } T = \frac{P}{0,80}$$

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

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

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

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

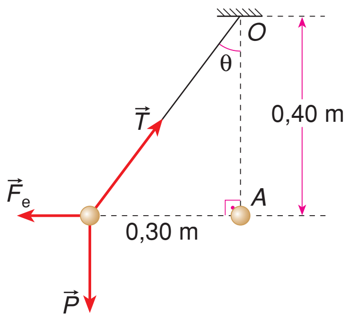


$$F'_e = T \Rightarrow K_0 \cdot \frac{\left|\frac{Q}{2}\right| \cdot |q|}{L^2} = \frac{P}{0,80} \Rightarrow$$

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

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

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

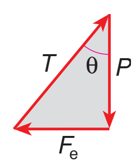


Da figura: $\text{tg}\ \theta = \dfrac{0,30}{0,40} = 0,75$

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

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

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



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

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

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

$F_e = 0,90$ N

Aplicando a lei de Coulomb:

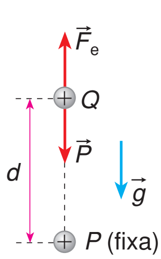
$$F_e = k_0 \cdot \frac{Q \cdot Q}{(0,30)^2} \Rightarrow 0,90 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q^2}{0,09} \Rightarrow Q^2 = 9 \cdot 10^{-12} \Rightarrow \boxed{Q = \pm 3 \cdot 10^{-6}\ \text{C}}$$

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

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

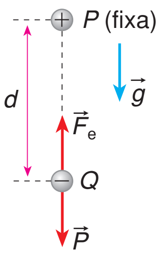
P.14 Os experimentos permitem concluir que as esferas *A* e *B* estão eletrizadas com cargas de sinais contrários (pois se atraem no experimento 3) e que a esfera *C* está neutra, sendo atraída por indução pela esfera *A* (experimento 1) e pela esfera *B* (experimento 2). Portanto, das três hipóteses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

P.15 a) 1ª posição: *Q* acima de *P*



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

2ª posição: Q abaixo de P

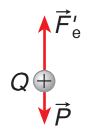


Q deve ter **carga negativa**.
A força elétrica $\vec{F}_e$ (atrativa) equilibra o peso $\vec{P}$ da esfera Q.

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

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

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



A força resultante sobre a esfera Q vale:

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

Aplicando o princípio fundamental da Dinâmica, temos:

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

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

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

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

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

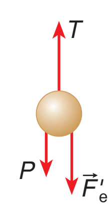
Para determinarmos a tração máxima (T) suportada pelo fio, analisemos o equilíbrio da esfera imediatamente antes do rompimento.

$T = P + F'_e$

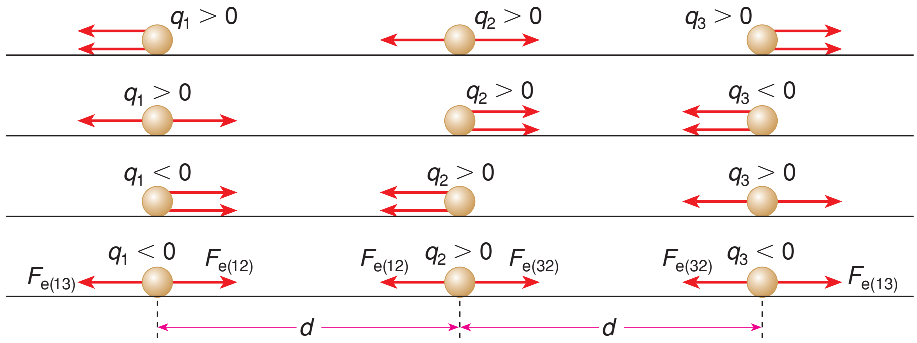
$T = mg + F'_e$

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

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



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



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

b) No equilíbrio, temos:

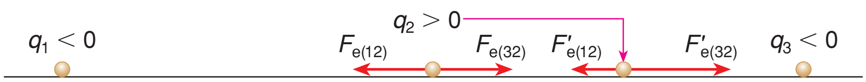
$$F_{e(12)} = F_{e(32)} \Rightarrow k_0 \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{d^2} = k_0 \cdot \frac{|q_3| \cdot |q_2|}{d^2} \Rightarrow |q_1| = |q_3|$$

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

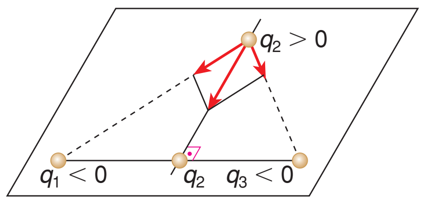
$$\Rightarrow |q_3| = 4 \cdot 2{,}70 \cdot 10^{-4}\ \text{C} \Rightarrow \begin{cases} |q_3| = 1{,}08 \cdot 10^{-3}\ \text{C} \\ \text{e} \\ |q_1| = 1{,}08 \cdot 10^{-3}\ \text{C} \end{cases}$$

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

c)

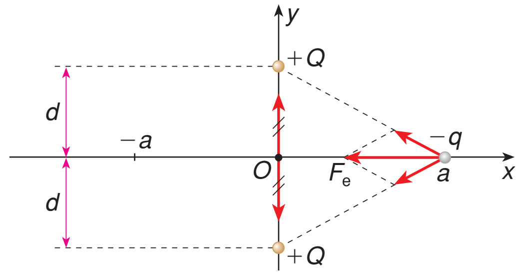


Ao longo do segmento que une as cargas q_1 e q_3, o equilíbrio é **instável**.



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

P.18



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

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

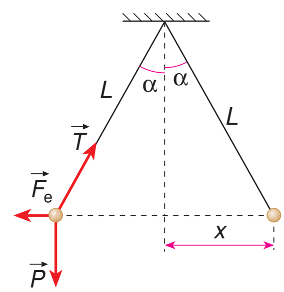
P.19

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

b) Dados: sen α = 0,60; cos α = 0,80; tg α = 0,75;

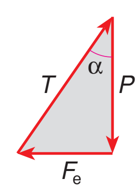
$L = 0{,}090$ m; $m = 0{,}0048$ kg;

$g = 10\ \text{m/s}^2$; $k_0 = 9{,}0 \cdot 10^9\ \dfrac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$



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

Assim, a linha poligonal das forças deve ser fechada.



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

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

A distância entre as cargas é:

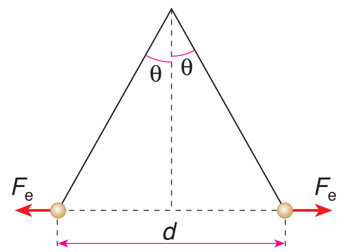
$$d = 2x \Rightarrow d = 2L \cdot \text{sen}\ \alpha \Rightarrow d = 2 \cdot 0{,}090 \cdot 0{,}60 \Rightarrow d = 1{,}08 \cdot 10^{-1}\ \text{m}$$

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

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

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

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



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

A intensidade da força elétrica vale:

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

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

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

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

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

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

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

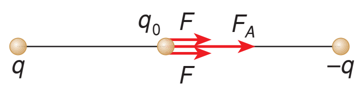
Aplicando a lei de Hooke e considerando que a mola se deforma de $x = 1{,}0\ cm = 1{,}0 \cdot 10^{-2}\ m$, teremos:

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

Observação:

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

P.21 **Figura a**

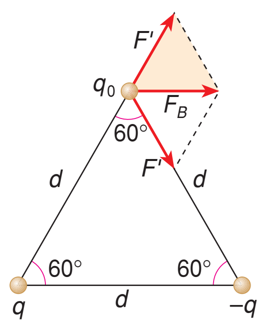


As forças eletrostáticas com que q e $-q$ agem em q_0 têm a mesma intensidade F dada por: $F = k_0 \cdot \dfrac{q \cdot q_0}{\left(\dfrac{d}{2}\right)^2}$

A intensidade da força eletrostática resultante sobre q_0 vale:

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

Figura b

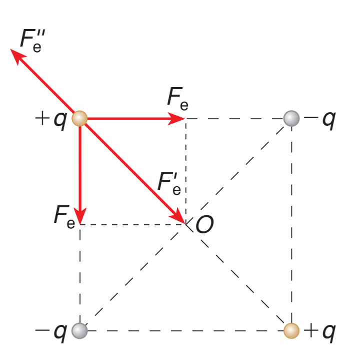


O triângulo sombreado é equilátero. Logo:

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

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

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



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

Cálculo do módulo de $\vec{F}_e'$:

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

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

Cálculo do módulo de $\vec{F}_e''$:

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

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

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

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

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

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