

•1 Da carga  $Q$  que uma pequena esfera contém inicialmente, uma parte  $q$  é transferida para uma segunda esfera situada nas proximidades. As duas esferas podem ser consideradas cargas pontuais. Para que valor de  $q/Q$  a força eletrostática entre as duas esferas é máxima?

•2 Duas esferas condutoras de mesmo diâmetro, 1 e 2, possuem cargas iguais e estão separadas por uma distância muito maior que o diâmetro (Fig. 21-21a). A força eletrostática a que a esfera 2 está submetida devido à presença da esfera 1 é  $\vec{F}$ . Uma terceira esfera 3, igual às duas primeiras, que dispõe de um cabo não condutor e está inicialmente neutra, é colocada em contato primeiro com a esfera 1 (Fig. 21-21b), depois com a esfera 2 (Fig. 21-21c) e, finalmente, removida (Fig. 21-21d). A força eletrostática que a esfera 2 agora está submetida tem módulo  $F'$ . Qual é o valor da razão  $F'/F$ ?

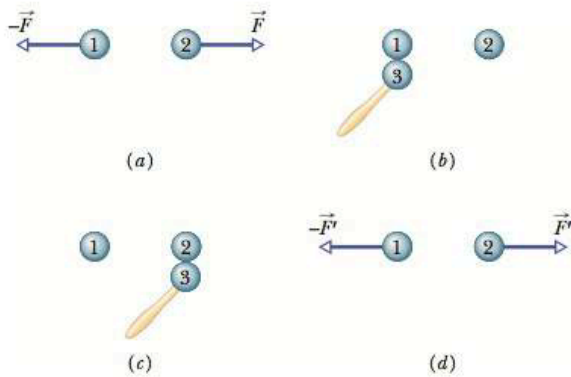


Figura 21-21 Problema 2.

•3 Qual deve ser a distância entre a carga pontual  $q_1 = 26,0 \mu\text{C}$  e a carga pontual  $q_2 = -47,0 \mu\text{C}$  para que a força eletrostática entre as duas cargas tenha um módulo de  $5,70 \text{ N}$ ?

•4 Na descarga de retorno de um relâmpago típico, uma corrente de  $2,5 \times 10^4 \text{ A}$  é mantida por  $20 \mu\text{s}$ . Qual é o valor da carga transferida?

•5 Uma partícula com uma carga de  $+3,00 \times 10^{-6} \text{ C}$  está a  $12,0 \text{ cm}$  de distância de uma segunda partícula com uma carga de  $-1,50 \times 10^{-6} \text{ C}$ . Calcule o módulo da força eletrostática entre as partículas.

•6 Duas partículas de mesma carga são colocadas a  $3,2 \times 10^{-3} \text{ m}$  de distância uma da outra e liberadas a partir do repouso. A aceleração inicial da primeira partícula é  $7,0 \text{ m/s}^2$  e a da segunda é  $9,0 \text{ m/s}^2$ . Se a massa da primeira partícula é  $6,3 \times 10^{-7} \text{ kg}$ , determine (a) a massa da segunda partícula; (b) o módulo da carga das partículas.

•7 Na Fig. 21-22, três partículas carregadas estão em um eixo  $x$ . As partículas 1 e 2 são mantidas fixas. A partícula 3 está livre para se mover, mas a força eletrostática exercida sobre ela pelas partículas 1 e 2 é zero. Se  $L_{23} = L_{12}$ , qual é o valor da razão  $q_1/q_2$ ?

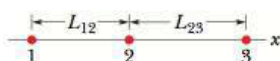


Figura 21-22 Problemas 7 e 40.

••8 Na Fig. 21-23, três esferas condutoras iguais possuem inicialmente as seguintes cargas: esfera A,  $4Q$ ; esfera B,  $-6Q$ ; esfera C,  $0$ . As esferas A e B são mantidas fixas, a uma distância entre os centros que é muito maior que o raio das esferas. Dois experimentos são executados. No experimento 1, a esfera C é colocada em contato com a esfera A, depois (separadamente) com a esfera B e, finalmente, é removida. No experimento 2, que começa com os mesmos estados iniciais, a ordem é invertida: a esfera C é colocada em contato com a esfera B, depois (separadamente) com a esfera A e, finalmente, é removida. Qual é a razão entre a força eletrostática entre A e B no fim do experimento 2 e a força eletrostática entre A e B no fim do experimento 1?

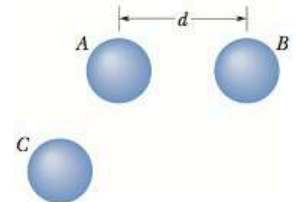


Figura 21-23 Problemas 8 e 65.

••9 Duas esferas condutoras iguais, mantidas fixas, se atraem mutuamente com uma força eletrostática de  $0,108 \text{ N}$  quando a distância entre os centros é  $50,0 \text{ cm}$ . As esferas são ligadas por um fio condutor de diâmetro desprezível. Quando o fio é removido, as esferas se repelem com uma força de  $0,0360 \text{ N}$ . Supondo que a carga total das esferas fosse inicialmente positiva, determine: (a) a carga negativa inicial de uma das esferas; (b) a carga positiva inicial da outra esfera.

••10 Na Fig. 21-24, quatro partículas formam um quadrado. As cargas são  $q_1 = q_4 = Q$  e  $q_2 = q_3 = q$ . (a) Qual deve ser o valor da razão  $Q/q$  para que a força eletrostática total a que as partículas 1 e 4 estão submetidas seja nula? (b) Existe algum valor de  $q$  para o qual a força eletrostática a que todas as partículas estão submetidas seja nula? Justifique sua resposta.

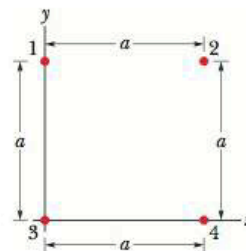


Figura 21-24 Problemas 10, 11 e 70.

••11 Na Fig. 21-24, as cargas das partículas são  $q_1 = -q_2 = 100 \text{ nC}$  e  $q_3 = -q_4 = 200 \text{ nC}$ . O lado do quadrado é  $a = 5,0 \text{ cm}$ . Determine (a) a componente  $x$  e (b) a componente  $y$  da força eletrostática a que está submetida a partícula 3.

Respostas

- |           |  |
|-----------|--|
| 1. 0,500  | 6. (a) $4,9 \times 10^7 \text{ kg}$ ; (b) $7,1 \times 10^{11} \text{ C}$ |
| 2. 0,375  | 7. -4,00   |
| 3. 1,39 m | 8. 0,375   |
| 4. 0,50 C | 9. (a) $-1,00 \mu\text{C}$ ; (b) $3,00 \mu\text{C}$                      |
| 5. 2,81 N | 10. (a) -2,83; (b) não   |
|           | 11. (a) 0,17 N; (b) 0,046 N  |

Halliday, cap. 21, Exercícios 1 a 11

$$\textcircled{1} \quad F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q(Q-q)}{r^2}$$

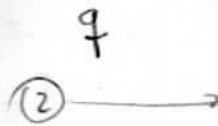
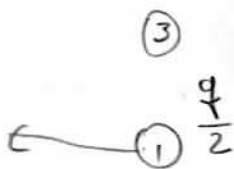
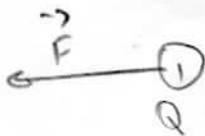
$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot (qQ - q^2)$$

$$\frac{dF}{dq} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot (Q - 2q) \quad (\text{format})$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot (Q - 2q) = 0$$

$$Q = 2q \Rightarrow \boxed{\frac{q}{Q} = 0,5}$$

$\textcircled{2}$



$$\frac{q + \frac{q}{2}}{2} = \frac{\frac{3q}{2}}{2} = \frac{3q}{4}$$

$$F' = k \frac{\frac{q}{2} \cdot \frac{3q}{4}}{r^2} = k \frac{3q^2}{8r^2}$$

$$F = k \frac{q^2}{r^2} \Rightarrow$$

$$\frac{F'}{F} = k \cdot \frac{3q^2}{8r^2} \times \frac{r^2}{kq^2} = \frac{3}{8}$$

$$\boxed{\frac{F'}{F} = 0,375}$$

$$\textcircled{3} \quad F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$r^2 = \frac{8,99 \times 10^9 \cdot 26 \times 10^{-6} \times 47 \times 10^{-6}}{5,7}$$

$$\boxed{r = 1,39 \text{ N}}$$

$$\textcircled{4} \quad i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow q = i \cdot t$$

$$q = 2,5 \times 10^4 \times 20 \times 10^{-6} \Rightarrow \boxed{q = 0,50 \text{ C}}$$

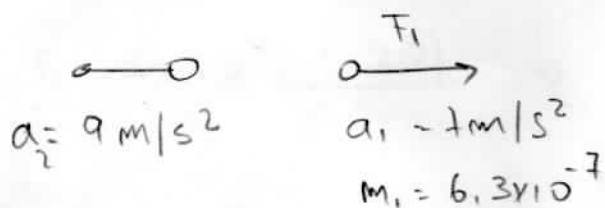
$$\textcircled{5} \quad F = k \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F = 8,99 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 1,5 \times 10^{-6}}{0,12^2} \Rightarrow \boxed{F = 2,81 \text{ N}}$$

$$\textcircled{6} \quad r = 3,2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$a_1 = 7 \text{ m/s}^2 \quad m = 6,3 \times 10^{-7} \text{ kg}$$

$$a_2 = 9 \text{ m/s}^2$$



$$F_1 = m \cdot a$$

$$F_1 = 6,3 \times 10^{-7} \times 7$$

$$F_1 = 4,41 \times 10^{-6} \text{ N} \quad \therefore$$

$$F_1 = F_2$$

$$F_2 = m_2 \cdot a_2 \Rightarrow m_2 = \frac{4,41 \times 10^{-6}}{9}$$

$$\text{(a)} \quad \boxed{m_2 = 4,9 \times 10^{-7} \text{ kg}}$$

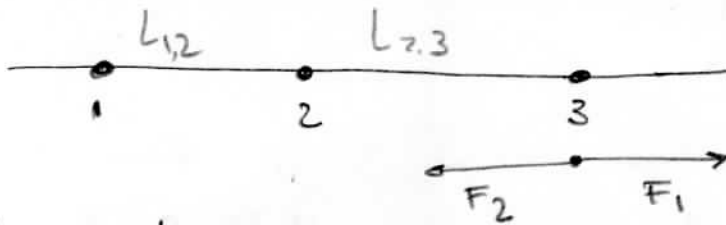
$$\text{(b)} \quad F = k \cdot \frac{q^2}{(3,2 \times 10^{-3})^2}$$

$$\Rightarrow q = \sqrt{\frac{4,41 \times 10^{-6} \times (3,2 \times 10^{-3})^2}{8,99 \times 10^9}}$$

$$\boxed{q = 7,1 \times 10^{-11} \text{ C}}$$

$$4,41 \times 10^{-7}$$

7



$$F_1 = -F_2$$

$$L_{1,2} = L_{2,3} = L$$

$$F_1 = k \cdot \frac{q_1 q_3}{(2L)^2}$$

$$F_2 = k \cdot \frac{q_2 q_3}{L^2}$$

$$k \cdot \frac{q_1 q_3}{4L^2} = k \cdot \frac{q_2 q_3}{L^2} \Rightarrow \boxed{\frac{q_1}{q_2} = -4}$$

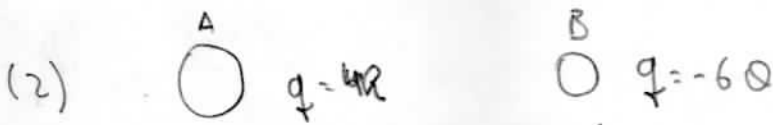
=====

8



(1)  $\rightarrow$   $A \Rightarrow q = 2Q$  ;  $B = \frac{-6Q + 2Q}{2} = -\frac{4Q}{2}$   
 $C \Rightarrow q = 2Q$   $B = -2Q$

$$F_1 = k \frac{2Q(-2Q)}{r^2} \Rightarrow F_1 = -\frac{4kQ^2}{r^2}$$



$$\Rightarrow B = -3Q ; A = \frac{4Q - 3Q}{2}$$

$$C = -3Q$$

$$A = \frac{Q}{2}$$

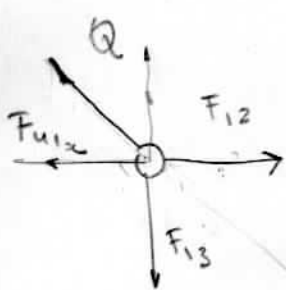
$$F_2 = k \cdot \frac{\frac{Q}{2} \cdot (-3Q)}{r^2} \Rightarrow F_2 = -\frac{k \cdot 3Q^2}{2r^2}$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{k \cdot \frac{3Q^2}{2r^2}}{4kQ^2} \cdot \frac{r^2}{4kQ^2} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{3}{8}$$

$$\boxed{\frac{F_2}{F_1} = 0,375}$$



(10)



$$q_1 = q_4 = Q$$

$$q_2 = q_3 = q$$

$$\left. \begin{array}{l} Q > 0 \\ q < 0 \end{array} \right\} \text{Supondo}$$

$$F_{y,1x} = F_{1,2} \quad \text{e} \quad F_{y,1y} = F_{1,3} \quad ; \quad F_{1,3} = F_{1,2} = F$$

$$F_{y,1x} = F_{y,1y}$$

$$F_{y,1x} = k \cdot \frac{Q^2}{(a\sqrt{2})^2} \cdot \cos 45^\circ = \frac{k \cdot Q^2 \cdot \sqrt{2}}{2a^2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$F_{y,1x} = \frac{\sqrt{2}}{4} \frac{kQ^2}{a^2}$$

$$F_{1,2} = k \cdot \frac{Qq}{a^2}$$

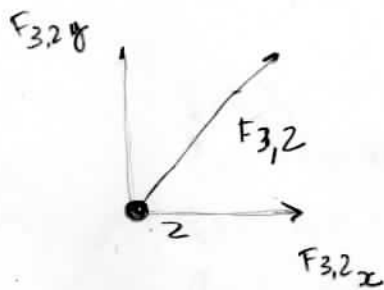
$$\text{Como } F_{y,1x} = -F_{1,2} \Rightarrow \frac{kQ^2\sqrt{2}}{4a^2} = -k \frac{Qq}{a^2}$$

$$\frac{Q\sqrt{2}}{4} = -q \Rightarrow \frac{Q}{q} = \frac{-4}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{Q}{q} = \frac{-4\sqrt{2}}{2}$$

$$\frac{Q}{q} = -2\sqrt{2} \quad (1)$$



10) out  
Q  
1 0



$$F_{3,2} = k \cdot \frac{q^2}{(a\sqrt{2})^2} \Rightarrow F_{3,2} = \frac{kq^2}{2a^2}$$

$$F_{3,2x} = F_{3,2y} = F_{3,2} \times \cos 45 = \frac{kq^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$F_{3,2x} = -F_{1,2} \Rightarrow F_{1,2} = -k \cdot \frac{Qq}{a^2}$$

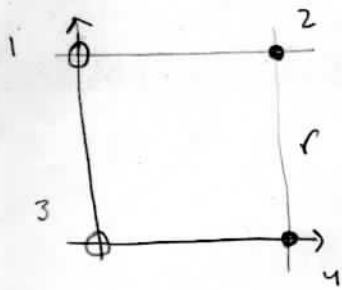
~~$$\frac{kq^2}{4a^2} \sqrt{2} = -\frac{kQq}{a^2}$$~~

$$\frac{q\sqrt{2}}{4} = Q \Rightarrow \frac{Q}{q} = -\frac{\sqrt{2}}{4} \quad (2)$$

Como (1)  $\neq$  (2) As partículas não

ficarão estáveis

(11)



$$q_1 = 1,0 \times 10^{-7} \text{ C}$$

$$r = 0,05 \text{ m}$$

$$q_2 = -1,0 \times 10^{-7} \text{ C}$$

$$q_3 = 2,0 \times 10^{-7} \text{ C}$$

$$F_{3 \text{ tot}} = ?$$

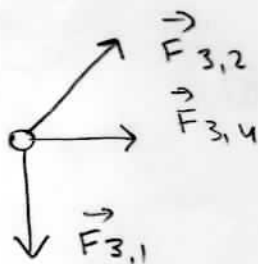
$$q_4 = -2,0 \times 10^{-7} \text{ C}$$

$$|F_{3,1}| = \frac{8,99 \times 10^9 \times 1,0 \times 10^{-7} \times 2 \times 10^{-7}}{0,05^2} \Rightarrow |F_{3,1}| = 7,19 \times 10^{-2} \text{ N}$$

$$|F_{3,2}| = \frac{8,99 \times 10^9 \times 1,0 \times 10^{-7} \times 2,0 \times 10^{-7}}{(0,05 \times \sqrt{2})^2} \Rightarrow |F_{3,2}| = 3,60 \times 10^{-2} \text{ N}$$

$$|F_{3,4}| = \frac{8,99 \times 10^9 \times 2,0 \times 10^{-7} \times 2,0 \times 10^{-7}}{(0,05)^2} \Rightarrow |F_{3,4}| = 1,44 \times 10^{-1} \text{ N}$$

Diagrama de Forças:



$$F_{3,2x} = F_{3,2y} = F_{3,2} \cos 45^\circ$$

$$F_{3,2x} = 3,60 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\vec{F}_{3,2x} = 2,54 \times 10^{-2} \text{ N}$$

$$\vec{F}_{3,2y} = 2,54 \times 10^{-2} \text{ N}$$

$$\vec{F}_{3x} = \vec{F}_{3,2x} + \vec{F}_{3,4} = 2,54 \times 10^{-2} + 1,44 \times 10^{-1} \text{ N}$$

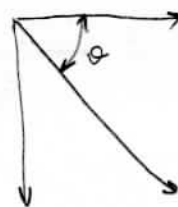
$$\vec{F}_{3x} = 0,169 \text{ N}$$

$$\vec{F}_{3y} = -\vec{F}_{3,1} + \vec{F}_{3,2y} = -7,19 \times 10^{-2} + 2,54 \times 10^{-2}$$

$$\vec{F}_{3y} = -0,046 \text{ N}$$

$$F_{3t} = \sqrt{0,169^2 + 0,046^2}$$

$$|F_{3t}| = 0,175 \text{ N}$$



$$\tan \theta = \frac{0,046}{0,169}$$

$$\theta = -15^\circ$$

$$F_{3t} = 0,175 \text{ N}$$