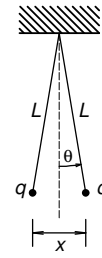


**E 001:** Duas pequenas bolas condutoras idênticas, de massa  $m$  e carga  $q$ , estão suspensas por fios não-condutores de comprimento  $L$ , como mostra a figura. Suponha  $\theta$  tão pequeno que  $\tan \theta$  possa ser substituída por  $\sin \theta$  com erro desprezível.

(a) Mostre que, no equilíbrio vale

$$x = \left( \frac{2kq^2L}{mg} \right)^{1/3}$$



Nesta fórmula  $x$  é a distância das bolas,  $k \approx 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$  é a constante de proporcionalidade na lei de Coulomb e  $g \approx 9,81 \text{ m s}^{-2}$  a aceleração da gravidade. (b) Sendo  $L = 120 \text{ cm}$ ,  $m = 10 \text{ g}$ , e  $x = 50 \text{ mm}$ , qual é o valor de  $q$ ?

**E002:** Duas cargas pontuais de valor  $q$  estão posicionadas nos pontos P1 e P2, cujas coordenadas num sistema de coordenadas cartesianas são  $\langle x_1 = 0, y_1 = a, z_1 = 0 \rangle$  e  $\langle x_2 = 0, y_2 = -a, z_2 = 0 \rangle$ . Uma carga  $Q$  está no ponto P cujas coordenadas são  $\langle x_p = L, y_p = 0, z_p = 0 \rangle$ , com  $L > 0$ . (a) Use a lei de Coulomb para calcular a força que atua sobre a carga  $Q$ . (b) Calcule esta força supondo agora que  $q = 50 \text{ nC}$ ,  $Q = 200 \text{ nC}$ ,  $a = 1 \text{ cm}$  e  $L = 4 \text{ cm}$ .

**E 003:** Considere um sistema de três cargas:  $q_0$  na origem de um sistema cartesiano de coordenadas,  $q_1$  no ponto  $P_1$  com coordenadas  $\langle x_1 = a, y_1 = 0, z_1 = 0 \rangle$  com  $a > 0$ , e  $q_2$  no ponto  $P_2$  com coordenadas  $\langle x_2 = 0, y_2 = a, z_2 = 0 \rangle$ . (a) Calcule o campo elétrico no ponto P com coordenadas  $\langle x_p = a, y_p = a, z_p = 0 \rangle$ . (b) Calcule o módulo deste vetor para o caso de que  $q_0 = q_1 = 1 \mu\text{C}$ ,  $q_2 = -2 \mu\text{C}$  e  $a = 10 \text{ cm}$ .

**E 004:** Duas cargas positivas pontuais com valor  $q$  são colocadas nos pontos P1 e P2, cujas posições são dadas pelos vetores posição  $\vec{r}_1 = 0\hat{x} + 0\hat{y} + 0\hat{z}$  e  $\vec{r}_2 = L\hat{x}$  com  $L > 0$ .  $\langle \hat{x}, \hat{y}, \hat{z} \rangle$  é uma base ortonormal associada ao espaço físico do referencial do laboratório.

a) Calcule o campo elétrico em um ponto P genérico (isto é, um ponto qualquer) sobre a mediatriz dos pontos P1 e P2 (caso você não saiba o significado de mediatriz, então consulte um livro de geometria ou a Wikipédia).

b) Ao colocarmos uma carga  $Q$  sobre o ponto P, qual força ela sentirá?

c) Vamos agora alterar a distribuição das cargas da seguinte maneira: a carga em P1 é mantida no mesmo lugar e a outra carga é levada até o ponto P3 com coordenadas  $\langle 0, L, 0 \rangle$  ou seja, cujo vetor posição é  $\vec{r}_3 = L\hat{y}$ . Isto significa que os vetores  $\vec{r}_1$ ,  $\vec{r}_2$  sofreram uma rotação de  $\pi/2$  no sentido antihorário com eixo de rotação no eixo  $z$ . Escreva o campo elétrico desta nova configuração de cargas também sobre um ponto qualquer da mediatriz do segmento dos pontos P1 e P3. (Observe que não é necessário fazer cálculo algum).

d) Discuta o que ocorre com o campo elétrico quando uma distribuição de cargas é girada.