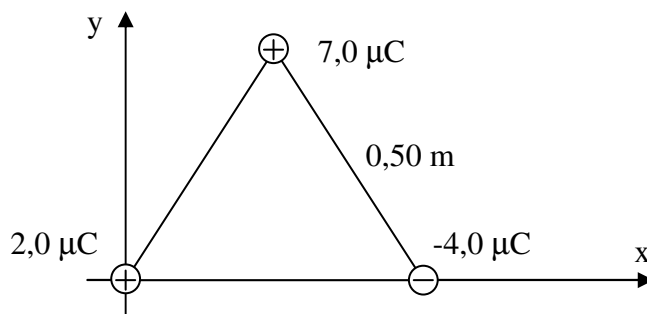


Mecânica e Campo Electromagnético
Ano lectivo de 2011/12
Exercícios do Capítulo 3.1 - Lei de Coulomb e Campo Eléctrico

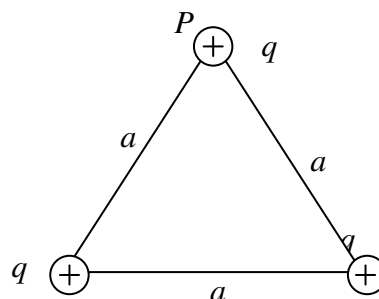
1. Duas pequenas esferas de prata, cada uma com uma massa de 10,0 g, são separadas de 1,00 m. Determine a fracção dos electrões de uma esfera que devem ser transferidos para a outra de maneira a produzir uma força atractiva de $1,00 \times 10^4$ N (cerca de uma tonelada) entre as esferas. (O número de electrões por átomo de prata é de 47 e o número de átomos por grama é o Número de Avogadro dividido pela massa molar da prata, 107,87 g/mole).
2. Duas pequenas esferas condutoras idênticas têm os seus centros à distância de 0,30 m. Uma é carregada com 12,0 nC e a outra com $-18,0$ nC.
 - a) Determine a força eléctrica exercida por uma esfera na outra.
 - b) As esferas são unidas por um fio condutor. Determine a força eléctrica entre as duas depois de se ter atingido o equilíbrio.
- *3*. Três cargas pontuais estão localizadas nos vértices de um triângulo equilátero como se mostra na figura. Calcule a força eléctrica resultante na carga de $7,00 \mu\text{C}$.



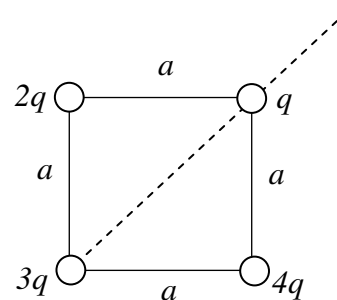
4. Colocam-se três cargas nos vértices de um triângulo equilátero como na figura do problema 3.
 - a) Calcule o campo eléctrico na posição da carga de $2,0 \mu\text{C}$ devido às outras duas cargas.
 - b) Use a sua resposta para determinar a força que se exerce na carga de $2,0 \mu\text{C}$.

- *5*. Três cargas positivas de valor q estão situadas nos vértices de um triângulo equilátero de lado a , como mostra a figura.

- a) Determine a localização do ponto (exceptuando o ∞) onde o campo eléctrico se anula (Não faça cálculos, utilize apenas um percurso lógico).
- b) Qual é a amplitude e a direcção do campo eléctrico em P devido às duas cargas da base do triângulo?



***6*.** Quatro cargas pontuais estão nos vértices de um quadrado de lado a , como mostra a figura.



- Determine a amplitude e a direcção do campo eléctrico no ponto onde se situa a carga q .
- Qual é a força útil na carga q (ou seja, a força que realiza trabalho) se ela estiver confinada à semi-recta definida pela diagonal do quadrado onde se encontra situada?

7. Considere n cargas positivas iguais cada uma com um valor Q/n , colocadas simetricamente ao longo de uma circunferência de raio R . Calcule a amplitude do campo eléctrico num ponto da linha perpendicular ao plano do círculo que passa pelo seu centro, à distância x deste.

8. A densidade linear de carga dum bastão de comprimento L é dada por : $\lambda = \lambda_0 + 2x$ (onde $0 \leq x \leq L$). Qual é a carga total do bastão ?

9. Um disco de raio R tem uma densidade de carga dada por $\sigma = 3r$. Calcule a carga total do disco.

10. Uma coroa esférica de raios r_1 e r_2 ($r_1 < r_2$) tem uma densidade de carga que é inversamente proporcional ao raio. Sabendo que a carga total da coroa é Q , obtenha uma expressão para a densidade de carga.

11. Uma linha contínua de carga está ao longo do eixo x , estendendo-se desde $x = +x_0$ até (+) infinito. A densidade de carga é uniforme e igual a λ_0 . Qual é a amplitude e a direcção do campo eléctrico na origem?

***12*.** Um anel uniformemente carregado de raio a tem uma carga total Q .

- Encontre o campo eléctrico no eixo do anel, à distância h do seu centro.
- Mostre que a amplitude máxima do campo eléctrico ao longo do eixo do anel ocorre para $h = a/\sqrt{2}$ e tem o valor $Q/(6\sqrt{3}\pi\epsilon_0 a^2)$.

13. Um disco uniformemente carregado, de raio R , está carregado com uma densidade de carga σ .

- Determine o campo eléctrico ao longo do eixo do disco, a uma distância r do seu centro.
- Obtenha, a partir da alínea anterior, uma aproximação para $r \ll R$.
- Obtenha uma aproximação para $r \gg R$. Qual o significado deste resultado?

14. Um fio de comprimento L , centrado na origem dum sistema de eixos xy e paralelo ao eixo x , está carregado uniformemente com uma densidade de carga dada por $\lambda \text{ Cm}^{-1}$.

- Determine uma expressão para o campo eléctrico num ponto genérico do eixo x (fora do fio).
- Determine uma expressão para o campo eléctrico num ponto genérico do eixo y .

***15*.** Um prótão é projectado no sentido positivo do eixo x , numa região onde existe um campo eléctrico uniforme $\vec{E} = -6,00 \times 10^5 \hat{x} \text{ N/C}$. O prótão viaja 7,00 cm antes de atingir o repouso. Determine:

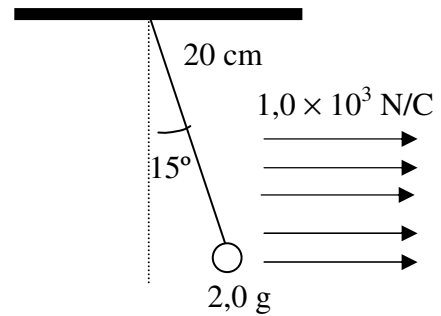
- A aceleração do prótão.
- A sua velocidade inicial.
- O tempo que leva o prótão até atingir o repouso.

16. Os electrões de um feixe têm, cada um deles, uma energia cinética K . Qual é a amplitude e a direcção de um campo eléctrico que pára estes electrões numa distância d ?

17. Um prótão move-se horizontalmente à velocidade v_p , entrando num campo eléctrico uniforme de amplitude E . Ignore efeitos gravitacionais. Determine:

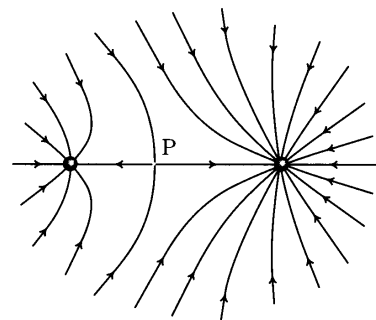
- O tempo que leva o prótão para se deslocar um espaço h horizontalmente.
- O deslocamento vertical depois de um deslocamento horizontal h .
- As componentes horizontal e vertical da sua velocidade ao atingir um deslocamento horizontal h .

***18*.** Uma pequena bola de plástico com uma massa de 2,0 g é suspensa por um fio de 20 cm de comprimento num campo eléctrico uniforme, como mostra a figura. Se a bola estiver em equilíbrio quando o fio faz um ângulo de 15° com a vertical, qual é a carga líquida da bola?



19. A figura representa as linhas de campo de duas partículas carregadas e separadas por uma distância de 7 cm.

- Calcule a distância do ponto P às partículas.
- Sabendo que a carga da partícula no lado direito é de -8 nC , calcule a carga da outra partícula.



Soluções

1. $n_e/N_e = 2,5 \times 10^{-9}$

2. a) $F = 2,16 \times 10^{-5} \text{ N}$ atrativa; b) $F = 9,0 \times 10^{-7} \text{ N}$ repulsiva

3. $\vec{F} = 0,756 \cdot \hat{i} - 0,437 \cdot \hat{j} \text{ (N)}$

4. a) $\vec{E} = 18,0 \cdot \hat{i} - 109 \cdot \hat{j} \text{ (kV/m)}$; b) $\vec{F} = 36,0 \cdot \hat{i} - 218 \cdot \hat{j} \text{ (mN)}$

5. a) No centro geométrico b) $E = \frac{\sqrt{3}q}{4\pi\epsilon_0 a^2}$

6. a) $|\vec{E}| = 5,91 \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a^2} \text{ (V/m)}$; \vec{E} faz $58,8^\circ$ com a direção horizontal b) $5,74 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}$

7. $E = \frac{kQx}{(R^2 + x^2)^{3/2}}$

8. $q = \lambda_0 L + L^2 \text{ (C)}$

9. $q = 2\pi R^3 \text{ (C)}$

10. $\rho(r) = \frac{Q}{2\pi r(r_2^2 - r_1^2)}$

11. $E_x = -\frac{k\lambda_0}{x_0}$

12. a) $E_z = k \frac{2\pi\lambda ah}{(a^2 + h^2)^{3/2}}$

13. a) $E_z = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(1 - \frac{r}{\sqrt{R^2 + r^2}} \right)$ b) $E_z \cong \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ c) $E_z \cong \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$

14. a) $E_x(x) = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x - L/2} - \frac{1}{x + L/2} \right)$ b) $E_y(y) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \frac{L}{y\sqrt{L^2 + 4y^2}}$

15. a) $a_x = -\frac{eE}{m}$ b) $v_0 = \sqrt{\frac{0,14eE}{m}}$ c) $t = \sqrt{\frac{0,14m}{eE}}$

16. $E = \frac{K}{ed}$

17. a) $t_h = \frac{-v_p + \sqrt{v_p^2 + 2a_x h}}{a_x}$, $a_x = \frac{eE_x}{m}$; b) $y_h = \frac{1}{2} a_y t_h^2$; $a_y = \frac{eE_y}{m}$

c) $v_x(t_h) = v_p + a_x t_h$; $v_y(t_h) = a_y t_h$

18. $q = \frac{mg}{E} \tan \theta$

19. a) distância à carga da esquerda: 2,8 cm; b) $q = -3,55 \text{ nC}$.