Exercícios – Módulo Eletrostática III

Potencial Elétrico

Terceiro Ano do Ensino Médio

Autor: Vinicius Henning

Revisor: Lucas Lima

Portal da Física OBMEP

1. Exercícios resolvidos sobre campo elétrico

Exercício #1: Considere duas cargas $q_1 = 0{,}1\mu C$ e $q_2 = 0{,}2\mu C$ localizadas nos vértices da hipotenusa de um triângulo retângulo isósceles, como mostrado na figura abaixo. As cargas distam $d = 30cm$ da origem do sistema de coordenadas e terceiro vértice do triângulo.
a) Calcule o valor do potencial elétrico total na origem.
b) Suponha que você coloque uma carga Q no ponto C, que é o ponto médio entre as duas cargas. Qual o valor de Q para que o potencial na origem seja nulo?
#c) Discorra sobre facilidade de se trabalhar com o potencial em vez do campo elétrico.

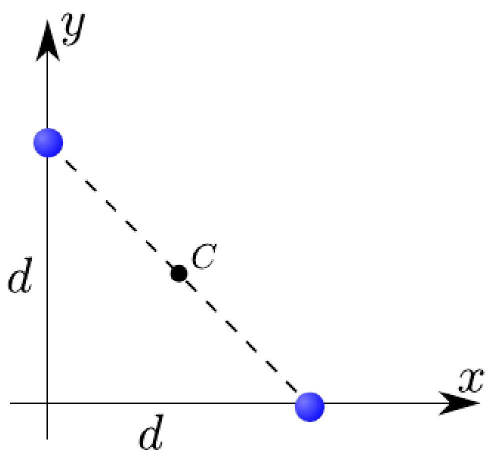

Fig. (1): Disposição das cargas nas extremidades da hipotenusa do triângulo de catetos d.

Solução:
a) O potencial elétrico total na origem, vamos chamar de V_O, é a soma dos potenciais gerados pelas cargas q_1 e q_2 neste ponto, isto é

$$V_O = V_{1O} + V_{2O}.$$

Como nós já obtemos, o potencial gerado por uma carga q num dado ponto O que dista d da carga, considerando o referencial no infinito, é dado por

$$V = \frac{k_0 q}{d}.$$

Assim, se fizermos a soma do potencial gerado pelas duas cargas na origem, temos

$$\begin{aligned} V_O &= \frac{k_0 q_1}{d} + \frac{k_0 q_2}{d} \\ &= \frac{k_0(q_1 + q_2)}{d} \\ &= 9.10^9 (N.m^2/C^2).\frac{(0{,}1 + 0{,}2).10^{-6} C}{0.3\ m} \end{aligned}$$

$$= 9.10^9 . \frac{(3.10^{-1}).10^{-6}}{3.10^{-1}} (N.m/C)$$
$$= 9.10^3 V \ .$$

Note que a unidade de $N.m = J$, então a unidade do nosso resultado é J/C, que é Volt. Ou seja, nossa unidade está correta. Além disso, obtemos um potencial elétrico na origem positivo, como era de se esperar, visto que ambas as cargas são positivas. Às vezes, em vez de escrever $V_O = 9.10^3 V$, vamos escrever $V_O = 9kV$ (lê-se quilo Volt).

b) Antes de fazermos conta, vamos discorrer sobre o problema: temos um potencial $V_O > 0$ na origem. Assim, o potencial elétrico gerado pela carga Q na origem precisa ser um potencial negativo, tal que $V_O + V_{QO} \equiv 0$, onde V_{QO} é o potencial gerado pela carga Q na origem O. Assim, já sabemos de antemão que a carga precisa ser negativa. Agora, precisamos analisar o triângulo na Fig. (1) para descobrirmos a distância entre o ponto C e a origem (que chamamos de x na Fig. (2) abaixo).

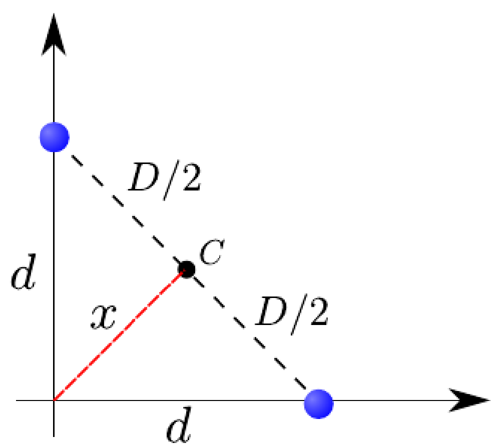

Fig. (2): Representamos por x a distância entre a carga Q e a origem.

Como temos um triângulo equilátero isósceles, se definirmos que a distância entre as duas cargas é D, pelo teorema de Pitágoras, temos $D^2 = d^2 + d^2$ e obtemos $D = d\sqrt{2}$. Assim, $D/2 = d\sqrt{2}/2$. Aplicando novamente o teorema de Pitágoras, dessa vez em um dos triângulos menores, obtemos que $(x^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2) = d^2$ e, consequentemente, $x = d\sqrt{2}/2$. Uma outra maneira de obter esse resultado é perceber que o ângulo formado pela linha vermelha é 45°, e o $cos 45° = \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{x}{d}$.

Assim, como queremos que o potencial gerado pela carga Q na origem seja $-V_{QO}$, nós temos a seguinte equação:

$$-V_{QO} = \frac{k_0 Q}{x} \rightarrow Q = -\frac{x V_{QO}}{k_0} = -\frac{(d\sqrt{2}/2) V_{QO}}{k_0}$$

Substituindo os valores, obtemos

$$\begin{aligned} Q &= -\frac{(0{,}3.\sqrt{2}/2)(9.10^3)}{9.10^9} \\ &= -1{,}5.\sqrt{2}.10^{-7}C \\ &\simeq -0{,}21.10^{-6}C \\ &= -0{,}21\mu C \end{aligned}$$

Exercício #2: Considere a situação demonstrada na figura abaixo, com uma carga $q = 0{,}4\mu C$ localizada na origem de um sistema coordenado. Dado o ponto A que dista $60cm$ da origem (e consequentemente da carga) e o ponto B que dista $x = 30cm$, calcule:

a) O valor do potencial elétrico gerado pela carga q no ponto A.

b) O valor do potencial elétrico no ponto B.

c) A diferença de potencial entre os pontos A e B, isto é, $V_A - V_B$.

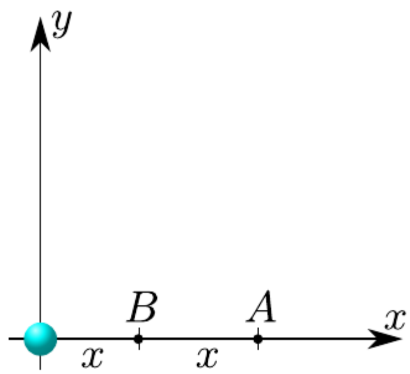

Fig. (3): Situação considerada no enunciado.

Solução:

a) Para esta questão, simplesmente precisamos aplicar a fórmula do do potencial para a distância $d = 60cm = 0{,}6m = 6.10^{-1}m$. A carga $q = 0{,}4\mu C = 4.10^{-1}.10^{-6}C = 4.10^{-7}C$. Substituindo na fórmula do potencial elétrico temos:

$$V_A = \frac{k_0 q}{2x} = \frac{9.10^9.4.10^{-7}}{6.10^{-1}} = 6.10^3 V = 6kV$$

b) No ponto B a distância da carga ao ponto é $x = 30cm = 0{,}3m = 3.10^{-1}m$. Substituindo na fórmula do potencial, temos:

$$V_B = \frac{k_0 q}{x} = \frac{9.10^9.4.10^{-7}}{3.10^{-1}} = 12.10^3 V = 12kV$$

Note que pelo fato de o potencial ser inversamente proporcional à distância, nós poderíamos rapidamente ter inferido este resultado: como nós diminuímos a distância pela metade, o potencial é duas vezes maior neste novo ponto. Note, também, que como o ponto B está mais perto da carga, o valor do potencial nesse ponto é maior.

c) A diferença de potencial entre os pontos A e B é simplesmente dada pela diferença dos valores obtidos acima

$$V_A - V_B = (6 - 12)kV = -6kV$$

Note que não tem problema cargas positivas gerarem **diferença** de potencial entre dois pontos negativos. Se tivéssemos escolhido ao contrário, $V_B - V_A$, esta seria positiva. Quando estudarmos trabalho e energia associado à diferença potencial elétrico entre dois pontos, todas essas informações ficarão mais palpáveis, pois ganharam um significado muito claro.