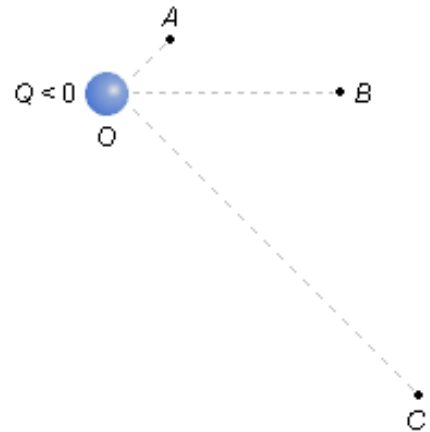


Considere uma carga $Q = -3\mu\text{C}$ fixa num ponto O do espaço. Os pontos A , B e C distam, respectivamente, $1,0\text{ m}$, $3,0\text{ m}$ e $6,0\text{ m}$ de O . A carga está colocada no vácuo, onde $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$. Pede-se:



- Calcular e representar o vetor campo elétrico em B .
- Qual o potencial eletrostático em B ?
- Qual a energia potencial de uma partícula de $q = -5,0\text{ nC}$ colocada em C ? Considere a energia potencial nula no infinito;
- Qual o trabalho de um operador, necessário para trazer a partícula q do infinito até o ponto C ?
- Qual o trabalho da força elétrica nesse deslocamento?
- Qual o trabalho de um operador quando q é deslocada de C até A ?
- Qual o trabalho da força elétrica nesse deslocamento?

Dados do problema

- | | |
|-------------------------------|--|
| • carga Q : | $Q = -3\mu\text{C} = -3 \cdot 10^{-6}\text{ C}$; |
| • carga q : | $q = -5,0\text{ nC} = -5 \cdot 10^{-9}\text{ C}$; |
| • distância $\overline{OA}$: | $r_A = 1,0\text{ m}$; |
| • distância $\overline{OB}$: | $r_B = 3,0\text{ m}$; |
| • distância $\overline{OC}$: | $r_C = 6,0\text{ m}$. |

Solução

- a) O módulo do campo elétrico é calculado por

$$E = k_0 \frac{Q}{r_B^2}$$

$$E = 9 \cdot 10^9 \frac{(-3 \cdot 10^{-6})}{(3,0)^2}$$

$$E = -3 \cdot 10^3 \text{ N/C}$$

Como a carga elétrica é negativa ($Q < 0$) então ela gera um campo de aproximação que aponta no sentido da própria carga conforme a figura 1.



figura 1

- b) O potencial eletrostático é calculado pela fórmula

$$V_B = k_0 \frac{Q}{r_B}$$

$$V_B = 9 \cdot 10^9 \frac{(-3 \cdot 10^{-6})}{3,0}$$

$$V_B = -9 \cdot 10^3 \text{ V}$$

- c) Sendo nula a energia potencial no infinito, a energia potencial no ponto C será

$$E_{PC} = k_0 \frac{Qq}{r_C}$$

$$E_{PC} = 9.10^9 \frac{(-3.10^{-6})(-5.10^{-9})}{6.0}$$

$$E_{PC} = \frac{135.10^{-6}}{6.0}$$

$$E_{PC} = 2,3.10^{-5} \text{ J}$$

d) O trabalho do operador para trazer uma partícula do infinito até o ponto C (${}_{op} \mathfrak{I}_{\infty}^C$) será

$${}_{op} \mathfrak{I}_{\infty}^C = q V_C \quad (I)$$

para o cálculo do trabalho precisamos encontrar primeiro potencial no ponto C (V_C)

$$V_C = k_0 \frac{Q}{r_C}$$

$$V_C = 9.10^9 \frac{(-3.10^{-6})}{6,0}$$

$$V_C = -4,5.10^3 \text{ V}$$

substituindo este valor na expressão (I) acima teremos

$${}_{op} \mathfrak{I}_{\infty}^C = (-5.10^{-9})(-4,5.10^3)$$

$${}_{op} \mathfrak{I}_{\infty}^C = 2,3.10^{-5} \text{ J}$$

e) A carga elétrica Q gera no ponto C um campo de aproximação (assim com o calculado no item (a) para o ponto B), A carga q tem valor negativo ($q < 0$), então a força que age nesta carga é no sentido oposto ao do campo, é uma força de afastamento, ver figura 2.

Como a carga se desloca no sentido contrário da força o trabalho realizado pelo campo elétrico será negativo e de mesmo módulo ao calculado no item anterior.

$${}_{El} \mathfrak{I}_{\infty}^C = -{}_{op} \mathfrak{I}_{\infty}^C$$

$${}_{El} \mathfrak{I}_{\infty}^C = -2,3.10^{-5} \text{ J}$$

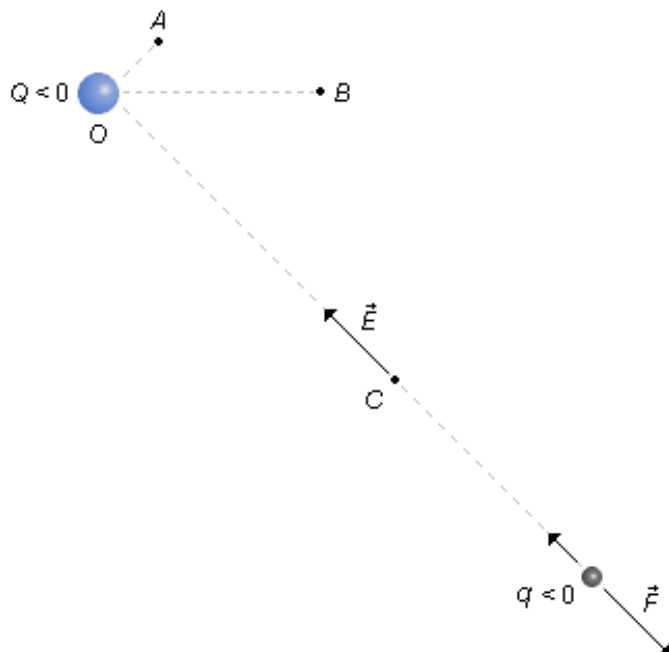


figura 2

f) Como o *campo elétrico é conservativo* o trabalho para deslocar uma carga elétrica entre dois pontos do espaço não depende do caminho escolhido (em vermelho na figura 3 abaixo), *depende apenas da diferença de potencial dos pontos em questão*. O deslocamento neste caso se dá contra a direção da força e o trabalho do operador será positivo (${}_{op}\mathfrak{T}_C^A > 0$).

$${}_{op}\mathfrak{T}_C^A = q (V_A - V_C) \quad (II)$$

para o cálculo do trabalho devemos, então, achar o valor do potencial em A

$$V_A = k_0 \frac{Q}{r_A}$$

$$V_A = 9 \cdot 10^9 \frac{(-3 \cdot 10^{-6})}{1,0}$$

$$V_A = -27 \cdot 10^3 \text{ V}$$

substituindo este valor na equação (II) e o valor de V_C encontrado anteriormente temos que o trabalho para levar uma carga do ponto C até A será

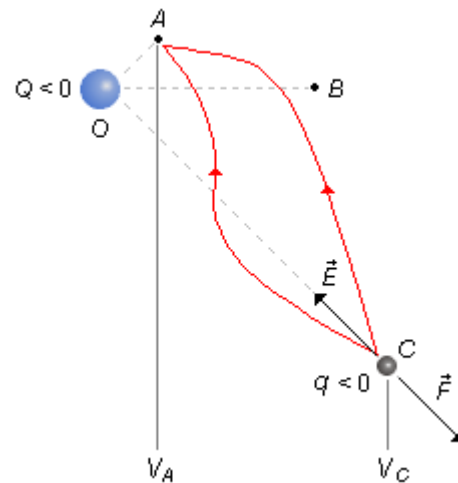


figura 3

$${}_{op}\mathfrak{T}_C^A = (-5 \cdot 10^{-9}) \cdot [-27 \cdot 10^3 - (-4,5 \cdot 10^3)]$$

$${}_{op}\mathfrak{T}_C^A = (-5 \cdot 10^{-9}) \cdot [(-27 + 4,5) \cdot 10^3]$$

$${}_{op}\mathfrak{T}_C^A = (-5 \cdot 10^{-9}) \cdot (-22,5 \cdot 10^3)$$

$$\boxed{{}_{op}\mathfrak{T}_C^A = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ J}}$$

g) Como a carga se desloca no sentido contrário ao da força elétrica o trabalho do campo elétrico será negativo (${}_{El}\mathfrak{T}_C^A < 0$), portanto

$${}_{El}\mathfrak{T}_C^A = q (V_C - V_A)$$

$${}_{El}\mathfrak{T}_C^A = (-5 \cdot 10^{-9}) \cdot [-4,5 \cdot 10^3 - (-27 \cdot 10^3)]$$

$${}_{El}\mathfrak{T}_C^A = (-5 \cdot 10^{-9}) \cdot [(-4,5 + 27) \cdot 10^3]$$

$${}_{El}\mathfrak{T}_C^A = (-5 \cdot 10^{-9}) \cdot (22,5 \cdot 10^3)$$

$$\boxed{{}_{El}\mathfrak{T}_C^A = -1,1 \cdot 10^{-4} \text{ J}}$$