

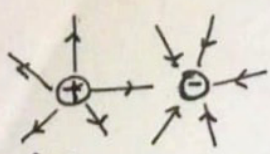
$$F_e = K \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{r^2}$$

Força elétrica

$$\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$$

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

CAMPO ELÉTRICO



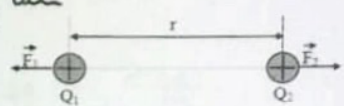
linhas campo elétrico

(1,8 val.) 1 - Na figura, \vec{F}_1 é a força de repulsão exercida por Q_2 sobre Q_1 e \vec{F}_2 é a força exercida por Q_1 sobre Q_2 . Justifique as respostas.

1.1 - Supondo que Q_1 é maior que Q_2 , qual das seguintes condições se verifica:

- a) $F_1 < F_2$
- b) $F_1 = F_2$
- c) $F_1 > F_2$

\vec{F}_1 e \vec{F}_2 constituem um par ação reação



1.2 - Se a distância entre as cargas duplicar, que alteração sofre F_1 ?

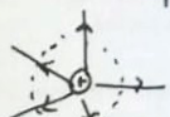
1.3 - Se Q_1 duplicar, que alteração sofre F_2 ?

Duplica

Como $F_e = K \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{r^2}$ isto é a força é inversamente proporcional ao quadrado da distância se r duplica F_e fica um quarto do seu valor

$$\vec{E} = K \cdot \frac{Q}{r^2}$$

$$V = K \cdot \frac{Q}{r}$$



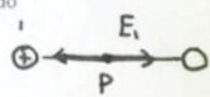
(0,8 val.) 2 - Comente a afirmação, justificando: Falsa

"As linhas de força em cada ponto são perpendiculares ao vetor campo elétrico e tangentes às superfícies equipotenciais."

As linhas de força em cada ponto são tangente ao vetor campo elétrico e perpendiculares às superfícies equipotenciais

(1,2 val.) 3 - O campo elétrico criado por duas cargas pontuais em repouso é nulo num ponto do segmento que une as cargas. Que se poderá concluir sobre estas cargas? Justifique.

A cargas tem o mesmo sinal...

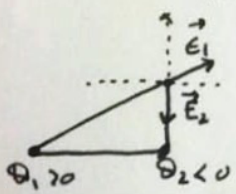


(3,5 val.) 4 - Dado o arranjo de cargas esquematizado na figura, onde:

$Q_1 = 4\mu C$; $Q_2 = -2\mu C$; $AC = DB = 0,1m$; $CD = 0,3m$ e $BE = 0,2m$

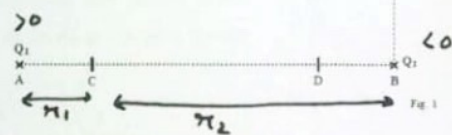
Determine:

- 4.1 - O vetor campo elétrico no ponto E
- 4.2 - O potencial elétrico nos pontos C e D.
- 4.3 - O trabalho realizado pela força do campo para deslocar a carga $q = 10^{-6}C$ de C para D.



$$1\mu C = 1 \times 10^{-6} C$$

$$1nC = 1 \times 10^{-9} C$$



$$V_C = \frac{K Q_1}{r_1} + \frac{K Q_2}{r_2}$$

$$V_D =$$

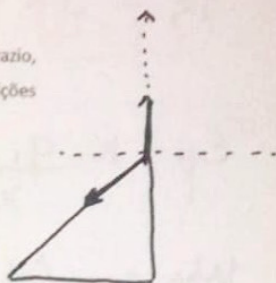
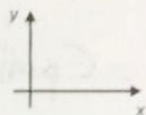
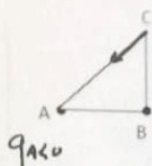
Potencial elétrico

$$V = K \cdot \frac{Q}{r}$$

$$W_{\vec{F}_e}^{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B)$$

$$W_{\vec{F}_e} = q(V_C - V_D)$$

- (3,0 vol.) 5- Três cargas elétricas pontuais de cargas $q_A = -3 \text{ nC}$ e $q_B = 1 \text{ nC}$ encontram-se fixas no vácuo, respectivamente nas posições assinaladas por A e B na Figura. As distâncias entre as posições são: $\overline{AB} = \overline{BC} = 6 \text{ cm}$.



Determine:

- 5.1 - O potencial elétrico no ponto C.

$$V_C = K \frac{q_A}{r_A} + K \frac{q_B}{r_B}$$

- 5.2 - O vetor campo elétrico no ponto C.

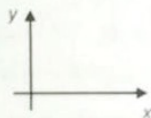
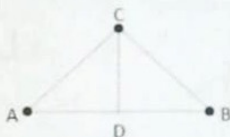
$$F_E = K$$

- 5.3 - O módulo da força exercida sobre uma carga $q = -2 \mu\text{C}$ colocada no ponto C.

- 5.4 - O trabalho realizado pela força do campo para trazer a carga $q = -2 \mu\text{C}$ desde o infinito até ao ponto C.

$$W_{FE} = q \cdot (V_i - V_f)$$

- (5,0 vol.) 6- Três cargas elétricas pontuais de cargas $q_A = -3 \text{ nC}$, $q_B = 1 \text{ nC}$ e $q_C = 2 \text{ nC}$ encontram-se fixas no vácuo, respectivamente nas posições assinaladas por A, B e C na Figura. As distâncias entre as posições são: $\overline{AD} = \overline{BD} = \overline{CD} = 6 \text{ cm}$.



Determine:

- 6.1 - O potencial elétrico no ponto D.

- 6.2 - O vetor campo elétrico no ponto D.

- 6.3 - O módulo da força exercida sobre uma carga $q = -2 \mu\text{C}$ colocada no ponto D.

- 6.4 - O trabalho realizado pela força do campo para trazer a carga $q = -2 \mu\text{C}$ desde o infinito até ao ponto D.

- (4,0 vol.) 7 Duas cargas elétricas pontuais, q_1 e q_2 estão colocadas em dois vértices de um triângulo de lados 2 m e 1 m (perpendiculares entre si), sendo $q_1 = 60 \mu\text{C}$ e $q_2 = -40 \mu\text{C}$. Determine:

- 3.1 - O vetor campo elétrico no vértice A do triângulo.

- 3.2 - A força a que uma carga $q = -2 \text{ mC}$ ficaria sujeita quando colocada no vértice A do triângulo.



$$K = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

$$E_p = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}}$$

$$W_{AB} = -\Delta E_p = E_p(A) - E_p(B)$$

A → B

$$= \frac{K \cdot q_A \cdot Q}{r_A} - \frac{K \cdot q_B \cdot Q}{r_B}$$

$$= Q \left(\frac{K q_A}{r_A} - \frac{K q_B}{r_B} \right)$$

$$= Q (V_A - V_B)$$

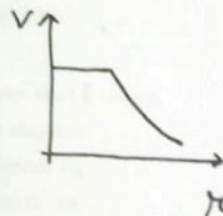
$$V = K \frac{Q}{r}$$

↳ Potencial (V)

$$V(r) = K \sum \frac{Q_i}{r_i}$$

↳ As linhas do campo elétrico apontam no sentido das potenciais decrescente

↳ Uma carga positiva abandonada numa região onde existe um campo elétrico deslocar-se no sentido das potenciais decrescente



Campo Elétrico

$$F_e = k \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Carga Elétrica (C)

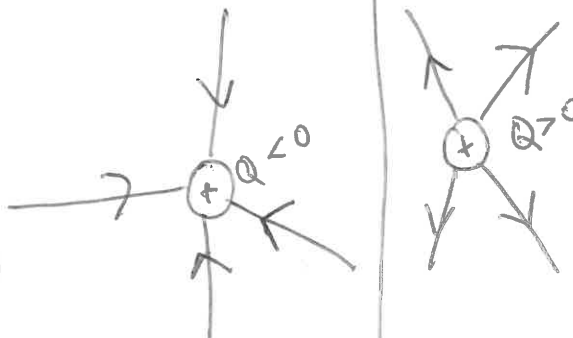
↓ ↓ ↓

Força elétrica constante de coulomb distância (m)

$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Campo elétrico (grandeza vetorial)
(N/coulomb) ou (V/m)

(ou seja se houver distâncias negativas, usar módulo)



$$F_e = |q| \cdot E$$

$$V = k \frac{Q}{r}$$

Carga elétrica (1)

Potencial Elétrico (V)

$$E_p = q \cdot V = k \cdot \frac{q \cdot Q}{r}$$

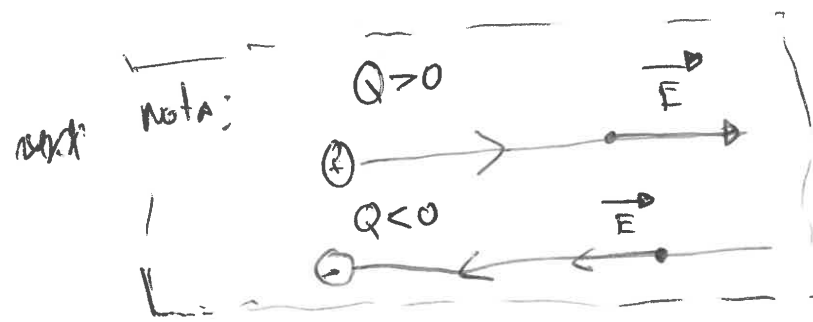
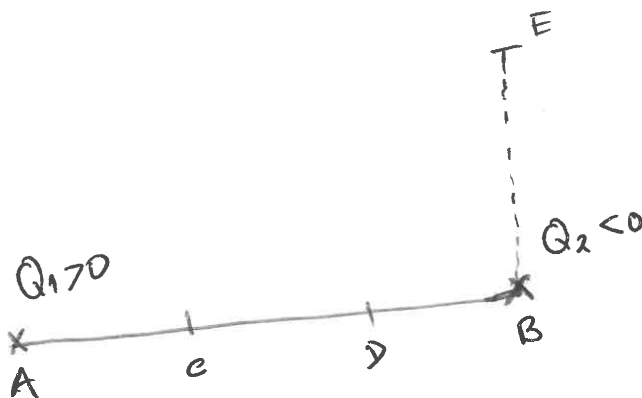
Carga de prova

Energia potencial elétrica (J)

$$C = \frac{Q}{V}$$

Capacidade de um condensador

Exercício 6.



PASSAR PARA coulomb

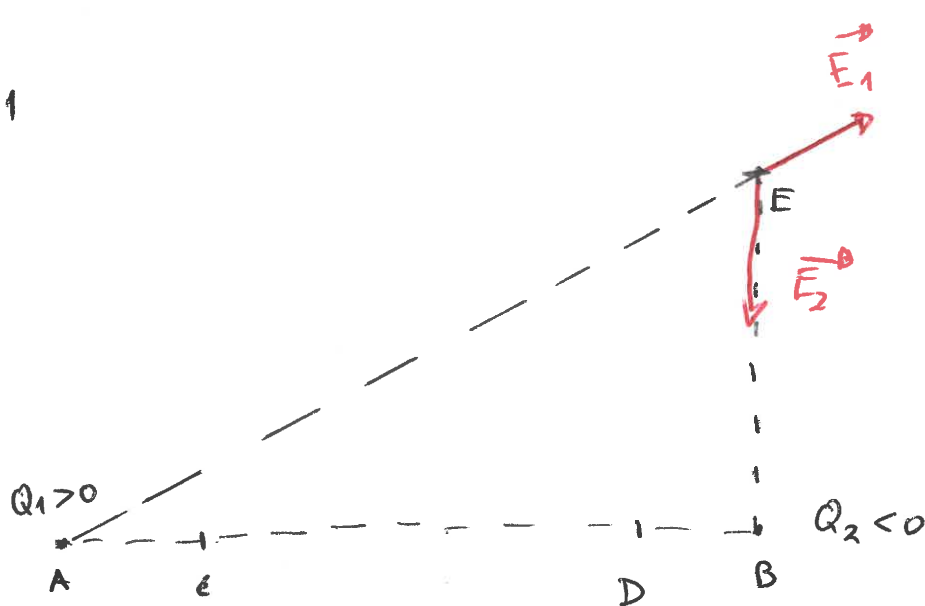
$$Q_1 = 4 \mu C = 4 \times 10^{-6} C$$

$$Q_2 = -2 \mu C = -2 \times 10^{-6} C$$

$$1 \mu C = 1 \times 10^{-6} C$$

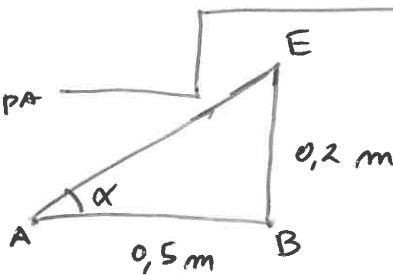
$$1 mC = 1 \times 10^{-9} C$$

4.1



$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

Primeira etapa
I)



$$\tan(\alpha) = \frac{0,2}{0,5} \Rightarrow \alpha =$$

$$\overline{AE}^2 = 0,2^2 + 0,5^2$$

$$\Rightarrow \overline{AE} = \sqrt{0,29}$$

$$\tan^{-1}\left(\frac{0,2}{0,5}\right) = 21^\circ$$

Módulos dos campos elétricos
II)

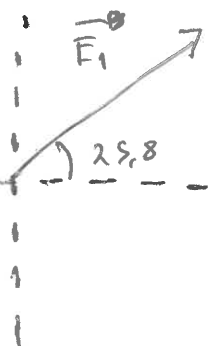
$$E_1 = k \cdot \frac{Q_1}{r_1^2}$$

$$r_1 = \overline{AE}$$

$$E_1 = 8,99 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{(0,54)^2} = \cancel{1,49 \text{ V/m}} \quad 1,23 \times 10^5 \text{ V/m}$$

$$E_2 = \cancel{8,99 \times 10^9} \times k \cdot \frac{|Q_2|}{r_2^2} = 8,99 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{(0,2)^2} = 4,49 \times 10^5 \text{ V/m}$$

III)



$$\begin{aligned} \vec{E}_1 &= E_1 \cos(29,8) \hat{i} + E_1 \sin(29,8) \hat{j} \\ &= 1,14 \times 10^5 \hat{i} + 4,57 \times 10^4 \hat{j} \end{aligned}$$

$$\vec{E}_2 = -4,49 \times 10^5 \hat{j} \text{ (V/m)}$$

(2)

$$\boxed{\text{IV}} \quad \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$= (1,14 \times 10^5 \hat{i} + 4,57 \times 10^4 \hat{j}) + (-4,49 \times 10^5 \hat{j})$$

$$= 1,14 \times 10^5 \hat{i} - 4,03 \times 10^5 \hat{j} \text{ (V/m)}$$

$$6.2 \quad V_C = V_1 + V_2$$

Potencial criado pela carga Q_1 e Q_2
 \overline{AC} \overline{CB}

$$= k \cdot \frac{Q_1}{r_1} + k \cdot \frac{Q_2}{r_2}$$

$$r_1 = \overline{AC} = 0,1 \text{ m}$$

$$r_2 = \overline{CB} = 0,4 \text{ m}$$

$$\rightarrow = 8,99 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{0,1} + 8,99 \times 10^9 \times \frac{-2 \times 10^{-6}}{0,4}$$

$$= 3,15 \times 10^5 \text{ V}$$

$$V_D = V_1 + V_2$$

$$= k \cdot \frac{Q_1}{r_1} + k \cdot \frac{Q_2}{r_2}$$

$$r_1 = \overline{AD} = 0,4 \text{ m} \quad = 8,99 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{0,4} + 8,99 \times 10^9 \times \frac{(-2 \times 10^{-6})}{0,1}$$

$$r_2 = \overline{DB} = 0,1 \text{ m}$$

$$= -8,99 \times 10^4 \text{ V}$$

Nota:

$$W_{\vec{F}_e}^{A \rightarrow B} = q \cdot (V_A - V_B)$$

6.3

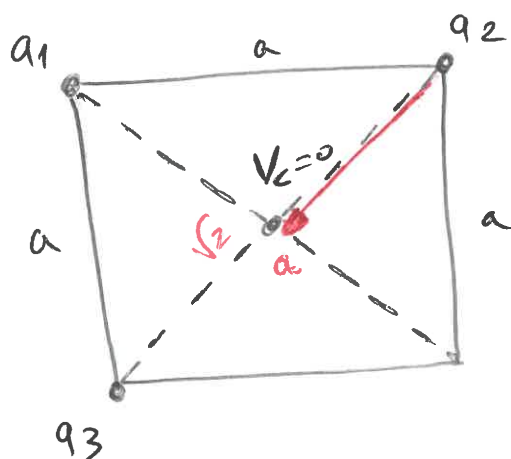
$$q = 10^{-8} \text{ C}$$

$$W_{Fe}^{C \rightarrow D} = q \cdot (V_C - V_D)$$

$$= 10^{-8} \cdot [3,15 \times 10^5 - (-8,99 \times 10^4)]$$

$$= 4,05 \times 10^{-3} \text{ J}$$

①



$$q_1 = 60 \mu\text{C}$$

$$q_2 = -40 \mu\text{C}$$

$$q_3 = ?$$

$$V_c = 0$$

$$a = ?$$

$$r = \frac{\sqrt{2}a}{2}$$

$$V_c = V_{c q_1} + V_{c q_2} + V_{c q_3} \Leftrightarrow 0 = 8,99 \times 10^9 \frac{60 \times 10^6}{a} + 8,99 \times 10^9 \frac{-40 \times 10^6}{a} + 8,99 \times 10^9 \frac{q_3}{a}$$

~~$V_{q_3} = 8,99 \times 10^9 \frac{Q_3}{a}$~~ ~~Como resolver se tenho duas incógnitas?~~

~~$V_c = \frac{k}{r}$~~ $V_c = V_1 + V_2 + V_3$

$$V_c = k \frac{Q_1}{r} + k \frac{Q_2}{r} + k \frac{Q_3}{r}$$

Igual logo:

$$V_c = \frac{k}{r} (Q_1 + Q_2 + Q_3) \Leftrightarrow 0 = \frac{k(Q_1 + Q_2 + Q_3)}{r} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 0 = k(Q_1 + Q_2 + Q_3) \Leftrightarrow \frac{0}{k} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \Leftrightarrow 0 = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow Q_3 = -Q_1 - Q_2 \text{ logo}$$

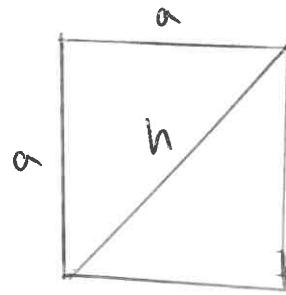
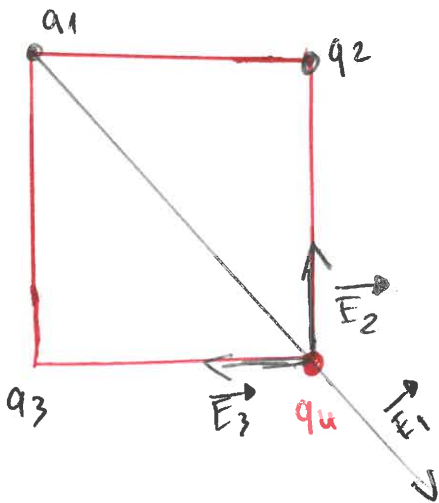
$$Q_3 = -60 - (-40)$$

$$= -20 \mu C$$

$$= -20 \times 10^{-6} C //$$

6.2

I) Módulo dos Campos Elétricos



$$h^2 = a^2 + a^2$$

$$\Leftrightarrow h^2 = 2a^2$$

$$\Leftrightarrow h = \sqrt{2a^2}$$

$$\Leftrightarrow h = \sqrt{2} \cdot \sqrt{a^2}$$

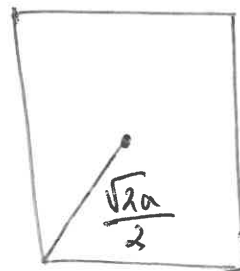
$$\Leftrightarrow h = \sqrt{2} \cdot a$$

$$\vec{E}_2 = k_e \frac{|Q_2|}{r_2^2}$$

$$\vec{E}_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{40 \times 10^{-6}}{a} = \frac{3,6 \times 10^5}{a} \text{ V/m}$$

$$\vec{E}_3 = k_e \frac{|Q_3|}{r_3^2}$$

$$\vec{E}_3 = 9 \times 10^9 \times \frac{20 \times 10^{-6}}{a} = \frac{1,8 \times 10^5}{a} \text{ V/m}$$

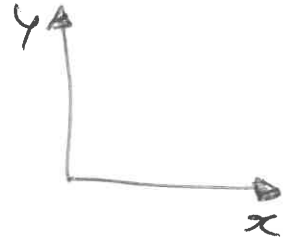


$$r_1 = r_2 = r_3 = \frac{\sqrt{2}a}{2}$$

(2)

$$E_1 = \frac{k \cdot |q_1|}{r_1} = 9 \times 10^9 \times \frac{60 \times 10^{-6}}{\sqrt{2}a} = \frac{3,8 \times 10^5}{a} \text{ V/m}$$

$$\vec{E}_1 = E_1 \cos 45^\circ \hat{i} - E_1 \sin 45^\circ \hat{j} \quad \text{Porque é tanto eixo do xox e do yyy}$$



$$\vec{E}_2 = E_2 \hat{j} = \frac{3,6 \times 10^5}{a} \hat{j} \text{ (V/m)}$$

$$\vec{E}_3 = -E_3 \hat{i} = -\frac{1,8 \times 10^5}{a} \hat{i} \text{ (V/m)}$$

6.3

$$W_q(\infty \rightarrow c) = -\Delta E_p = -qV$$

$$\boxed{E_p = q \cdot V}$$

potencial que tende para infinito
~~a carga~~, tende para zero

$$= -q(V_c - V_\infty) \Rightarrow -q(0 - 0)$$

$$= -(-2 \times 10^6) \times 0 = 0$$

