WSWA

P3 Dues càrregues elèctriques puntuals de +3 μC i -7 μC es troben situades, respectivament, en els punts (0, 3) i (0, -5) d'un pla. Calcula:

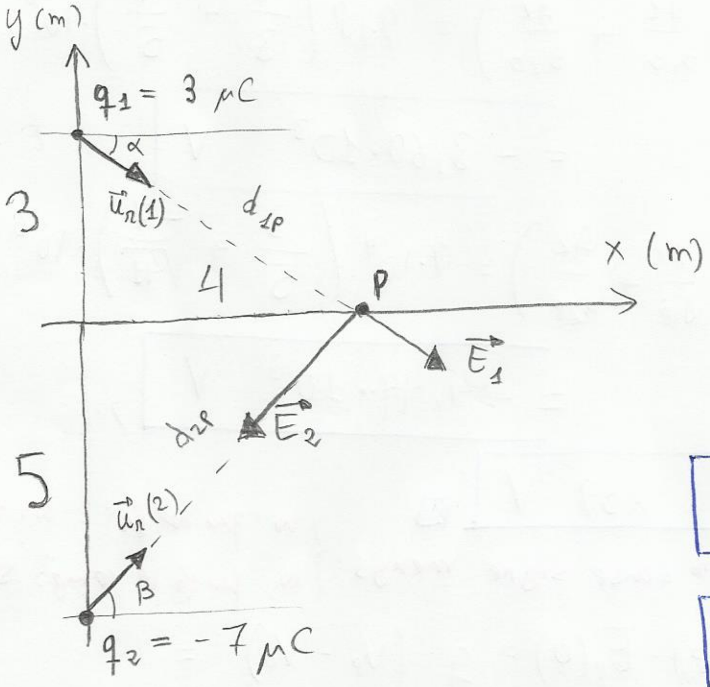
a) El camp elèctric que creen aquestes càrregues en el punt P (4, 0).
b) La diferència de potencial $V_O - V_P$, on O és el punt (0, 0).
c) El treball que cal fer per traslladar un càrrega de +5 μC des del punt O (0, 0) fins el punt P (4, 0). Interpreta el signe del resultat.

Nota: les coordenades dels punts s'expressen en metres.
Dades: $K = 9{,}0 \cdot 10^9\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot C^{-2}}$

Ajudes per a P3:

1.- Podeu consultar el problema semblant **33** (*p.119*), corregit a classe.

2.- Recordeu que el "treball que cal fer" no és el $W_{elec}^{A\to B} = -\Delta E_p$ que fa el camp electrostàtic durant el desplaçament, sinó el que fa una certa força externa que s'oposa a la força electrostàtica (per "compensar-la" durant la trajectòria i que el moviment pugui ser a velocitat const.); per tant, el seu signe és justament el contrari: $\boxed{W_{ext}^{A\to B} = -W_{elec}^{A\to B} = \Delta E_p}$.



$\alpha = \arctan\dfrac{3}{4} = 36{,}87°$

$\Rightarrow \boxed{\vec{u}_r(1) = (0'8,\ -0'6)}$

$\beta = \arctan\dfrac{5}{4} = 51{,}34°$

$\Rightarrow \boxed{\vec{u}_r(2) = (0'62,\ 0'78)}$

$\boxed{d_{1P} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\ \text{m}}$

$\boxed{d_{2P} = \sqrt{5^2 + 4^2} = \sqrt{41}\ \text{m}}$

a/ Calculem $\vec{E}_1(P)$ i $\vec{E}_2(P)$ per separat i apliquem el principi de superposició:

$$\vec{E}_1(P) = K\frac{q_1}{d_{1P}^2}\vec{u}_r(1) = 9\cdot10^9 \cdot \frac{3\cdot10^{-6}}{5^2}\cdot(0'8,\ -0'6) = (864,\ -648)\ \text{N/C}$$

$$\vec{E}_2(P) = K\frac{q_2}{d_{2P}^2}\vec{u}_r(2) = 9\cdot10^9 \cdot \frac{(-7\cdot10^{-6})}{(\sqrt{41})^2}\cdot(0'62,\ 0'78) = -(953,\ 1199)\ \text{N/C}$$

$\Rightarrow$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{E}(P) = \vec{E}_1(P) + \vec{E}_2(P) = -(89,\ 1847)\ \ N/C}$$

Comentari: com que sabem que $|\vec{E}| \propto \frac{1}{d^2}$ i que si la font és $\oplus$ serà "cap a fora" o "repulsiu", i si font és $\ominus$ serà "cap a dins" o "atractiu" (sempre podem veure $\vec{E}$ com $\vec{F}_{elec}$ sobre una $q = 1\ C$), havíem ja dibuixat les fletxetes del diagrama suposant unes direccions i sentits i uns mòduls aproximats. Veiem que el $\vec{E}(P)$ total que hem trobat és consistent amb el que havíem suposat. //

b/ Ens caldrà $\boxed{d_{10} = 3\ m}$; $\boxed{d_{20} = 5\ m}$.

Apliquem el principi de superposició:

$$\boxed{V_0} = V_0(1) + V_0(2) = K\left(\frac{q_1}{d_{10}} + \frac{q_2}{d_{20}}\right) = 9\cdot10^9\left(\frac{3}{3} + \frac{-7}{5}\right)\cdot10^{-6} =$$

$$= \boxed{-3{,}60\cdot10^3\ \ V}$$

$$\boxed{V_P} = V_P(1) + V_P(2) = K\left(\frac{q_1}{d_{1P}} + \frac{q_2}{d_{2P}}\right) = 9\cdot10^9\left(\frac{3}{5} + \frac{-7}{\sqrt{41}}\right)\cdot10^{-6} =$$

$$= \boxed{-4{,}44\cdot10^3\ \ V},$$

d'on tenim: $\boxed{V_0 - V_P = 839\ \ V}$

⚠ ULL!! → sense signe mengs: } W "que cal fer": NO SIGNE $\ominus$. W "que fa el camp": SIGNE $\ominus$.

c/ $$\boxed{W_{ext}^{0\to P}} = \Delta E_P = E_P(P) - E_P(0) = q\cdot\underbrace{(V_P - V_0)}_{-800\ V} =$$

$$= -5\cdot10^{-6}\cdot839 = \boxed{-4{,}19\cdot10^{-3}\ J}$$

(Sobre la interpretació del signe, veure explicació a la pàgina següent) .

►Sobre el signe: això de "el treball que cal fer" es pot interpretar com que la càrrega *q* viatja del punt *O* al punt *P* a velocitat constant, i nosaltres hi apliquem una força $\vec{F}_{ext}$ que en cada punt de la trajectòria s'oposa a la que fa el camp, $\vec{F}_{ext} = -\vec{F}_{elec}$, i així aconseguim mantindre l'esmentada velocitat constant (perquè evitem una acceleració segons la segona llei de Newton).

Per això, $W_{ext}^{O \to P} = -W_{elec}^{O \to P} = -\left(-\Delta E_p\right) = \Delta E_p$.

Per una altra banda, el treball que fa una força durant un moviment és $W > 0$ quan aquesta força afavoreix el moviment, i $W < 0$ quan s'hi oposa. En la nostra trajectòria *O* → *P*, hem vist que $\Delta V < 0$, i això implica que $\Delta E_p = q\Delta V < 0$, atès que la nostra càrrega és $q > 0$. Conseqüentment, estem parlant d'una trajectòria on $\vec{F}_{elec}$ fa un treball positiu; és a dir: afavoreix el moviment. Per tant, $\vec{F}_{ext}$ s'hi oposa —doncs és igual a $\vec{F}_{elec}$ però en sentit contrari—, d'on concloem que $W_{ext}^{O \to P} < 0$ ("*el treball que cal fer per a* O → P *és negatiu*", en paraules), d'acord amb el que hem calculat numèricament a l'apart (c).

· Possible manera de respondre en un examen a una pregunta com aquesta (*versió llarga*): Podem dir: es tracta d'un moviment cap a potencials decreixents. Això, per a la nostra càrrega positiva, vol dir cap a energies potencials decreixents, i per tant la força elèctrica afavoreix el moviment (fa treball positiu). La força externa que haurem d'aplicar, oposada a l'elèctrica, s'oposarà al moviment, i per tant farà un treball negatiu.

· Més curt encara: **quan una *q* positiva es mou cap a potencials decreixents, el camp elèctric fa un treball positiu**. Per tant, la força externa que haurem d'aplicar, oposada a l'elèctrica, farà treball negatiu.