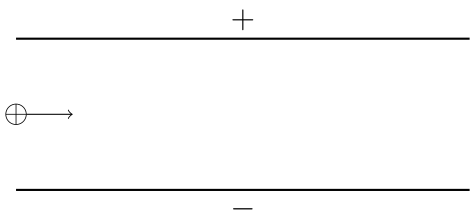
Problema 1

a) Representem la situació



La càrrega és positiva, de valor $10^{-6}\,C$. Com que ens diuen que la trajectòria parabòlica és descendent la placa inferior ha de ser la negativa.

b) Prenent l'origen d'altura a la placa negativa les equacions del moviment s'escriuen

$$\begin{cases} x = vt \\ y = \frac{d}{2} - \frac{1}{2}at^2 \end{cases}$$

amb

$$a = \frac{F_e}{m_{e^+}} = \frac{Eq_{e^+}}{m_{e^+}} = \frac{Vq_{e^+}}{dm_{e^+}}$$

ara, podem reescriure les equacions del moviment com

$$\begin{cases} x = vt \\ y = \frac{d}{2} - \frac{1}{2}\frac{Vq_{e^+}}{dm_{e^+}}t^2 \end{cases}$$

El temps que tarda en recórrer la longitud del condensador és

$$x = vt \rightarrow t = \frac{x}{v} = \frac{0,1}{10^3} = 10^{-4}\,s$$

En aquest temps es mou verticalment una distància

$$y = \frac{10^{-3}}{2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{0,1 \cdot 10^{-6}}{10^{-3} \cdot 10^{-9}}(10^{-4})^2 = 0$$

és a dir que impacta just en la vora de la placa inferior.

Problema 2

a) L'energia potencial electroestàtica s'invertirà en cinètica, llavors

$$\frac{1}{2}mv^2 = qV \to v = \sqrt{\frac{2qV}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 16}{10^{-3}}} = 8\, m/s$$

b) Podem escriure

$$a = \frac{F}{m} = \frac{q \cdot E}{m} = \frac{q \cdot V}{d \cdot m} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-6}}{3,2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}} = 10^4\, m/s^2$$

c) La velocitat amb que arriba la càrrega a l'altra placa no depèn de la distància, tal com es pot comprovar revisant el primer apartat.

d) Es veu que l'acceleració sí que depèn de la distància entre plaques

$$a = \frac{q \cdot V}{d \cdot m}$$

i si aquesta es dobla l'acceleració quedarà reduïda a la meitat.

Problema 3

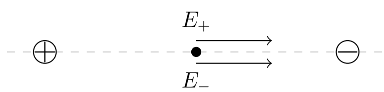
a) L'energia potencial electroestàtica d'un sistema de *dues* càrregues separades una distància d es pot escriure com

$$E_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qq'}{d}$$

llavors, si la distància es dobla

$$\Delta E_p = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{|q||q'|}{2d} - \left(-\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{|q||q'|}{d}\right) = \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{2d}\right) = \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{2d}\right) > 0$$

per tant, sent les càrregues de diferent signe, l'energia potencial augmenta al allunyar-les.



Com es pot comprovar els dos camps se sumen. Com és

$$|\vec{E}| \propto \frac{1}{d^2}$$

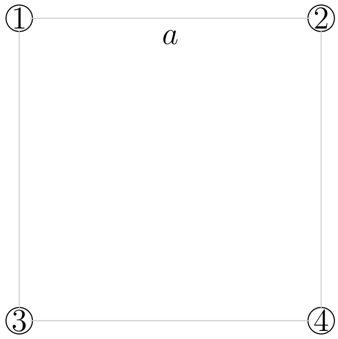
si la distància entre les càrregues es dobla la seva distància al punt mitjà també ho fa i

$$|\vec{E}'| \propto \frac{1}{(2d)^2} = \frac{1}{4d^2}$$

per tant el camp es redueix una quarta part.

Problema 4

a) Suposem que les càrregues són positives. És fàcil veure que el treball per portar en ordre cadascuna de les càrregues al seu punt de destí val



- $W_1 = 0\,J$
- $W_2 = q_2 \cdot \frac{q_1}{a}\,J$
- $W_3 = q_3 \cdot \left(\frac{q_1}{a\sqrt{2}} + \frac{q_2}{a}\right)\,J$
- $W_4 = q_4 \cdot \left(\frac{q_1}{a} + \frac{q_2}{a\sqrt{2}} + \frac{q_3}{a}\right)\,J$

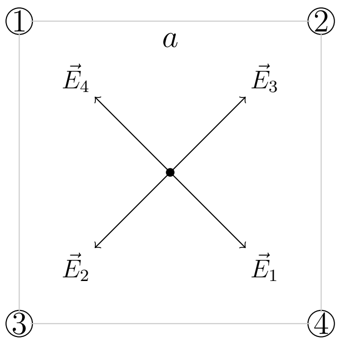
i el treball total val

$$W_T = q_2 \cdot \frac{q_1}{a} + q_3 \cdot \left(\frac{q_1}{a\sqrt{2}} + \frac{q_2}{a}\right) + q_4 \cdot \left(\frac{q_1}{a} + \frac{q_2}{a\sqrt{2}} + \frac{q_3}{a}\right)$$

$$= \frac{q^2}{a}\left[1 + \frac{1}{\sqrt{2}} + 1 + 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} + 1\right]$$

$$= \frac{q^2}{a}\left[4 + \frac{2}{\sqrt{2}}\right]$$

c) El camp elèctric al centre del quadrat val zero, tal com es pot comprovar a partir de l'esquema



tot i que en un examen s'hauria de provar tal com hem vist als exercicis resolts del tema.

c) Com que les càrregues són iguals i aprofitant la simetria del dibuix, es pot provar que el potencial al centre val

$$V_T = 4 \cdot \frac{q}{(a\sqrt{2}/2)}$$