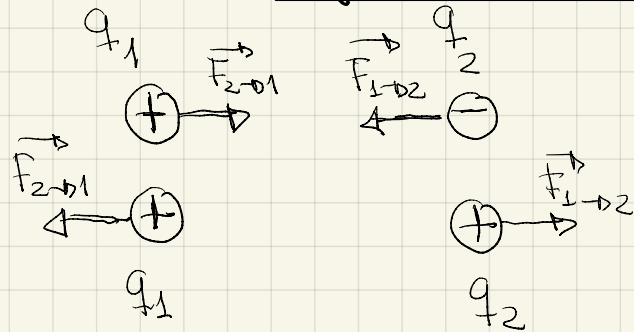


(23)

a) Ley de Coulomb



$$F = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

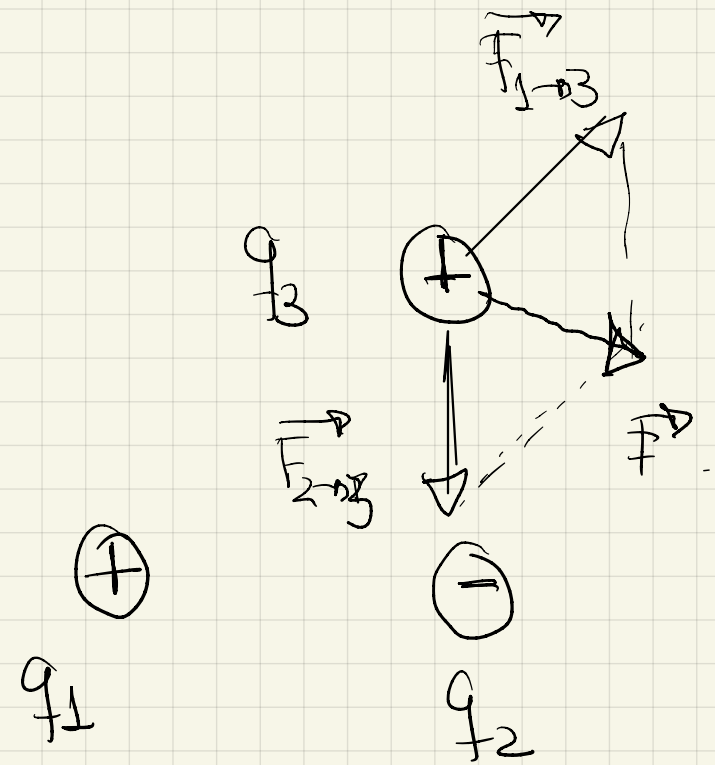
Dos cargas se atraen o se repelen con una fuerza que es directamente proporcional al valor de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

$F \Rightarrow$ Fuerza con la que las cargas se atraen o se repelen según sean de distinto signo o de igual signo respectivamente (N en S.I.)

$K \Rightarrow$ Constante que depende del medio, siendo en el vacío $9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$

q_1 y $q_2 \Rightarrow$ Valores de las cargas (C en S.I.)

$r \Rightarrow$ distancia que separa a las cargas

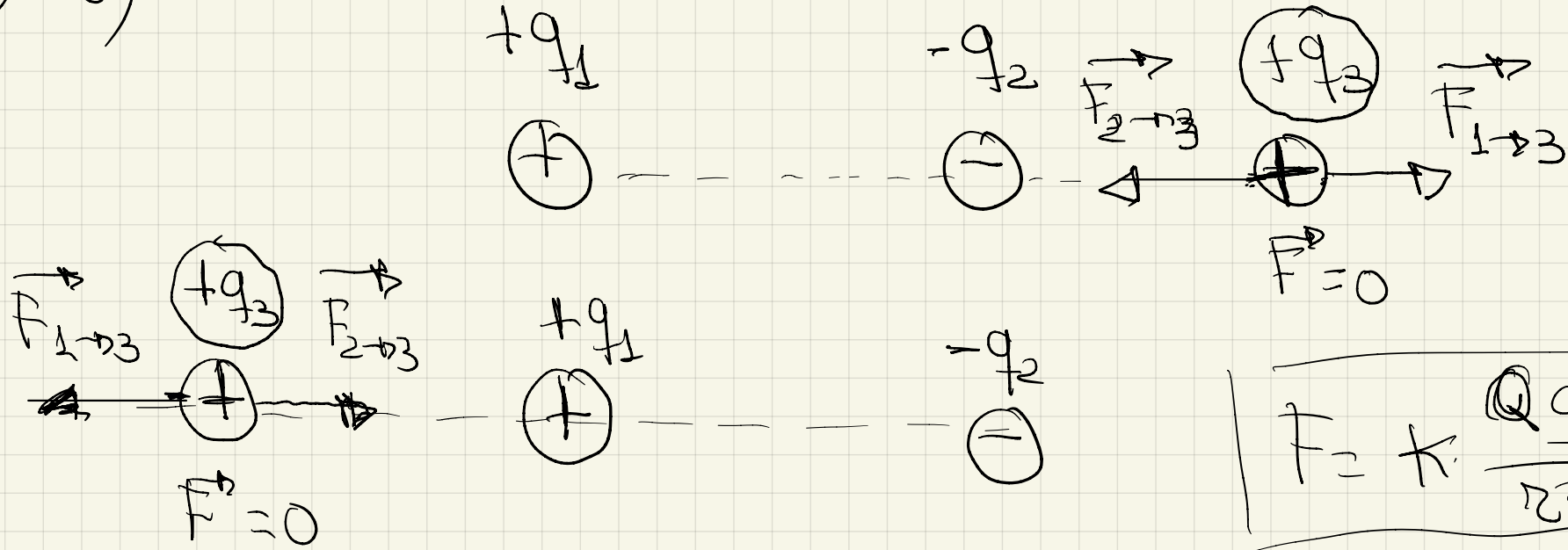


Principio de superposición.

$$\vec{F} = \vec{F}_{1 \rightarrow 3} + \vec{F}_{2 \rightarrow 3}$$

(23) b)

2 POSIBLES SITUACIONES

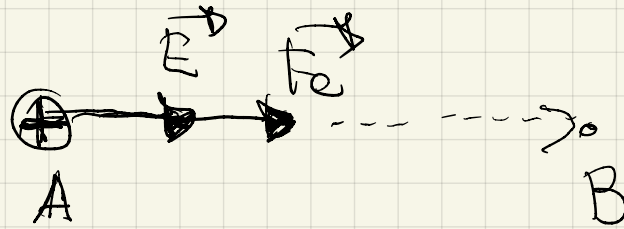


$$F = k \cdot \frac{Qq}{r^2}$$

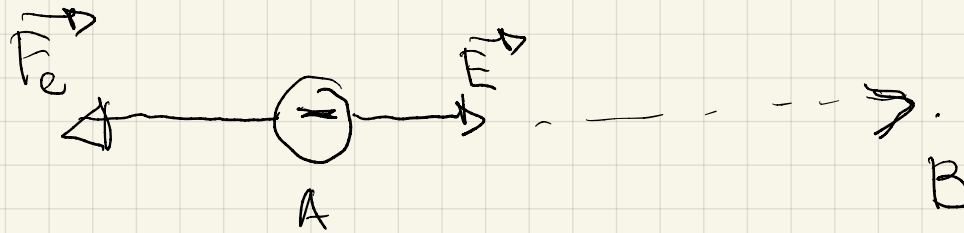
Para que q_3 estuviese en equilibrio, la fuerza resultante sobre ella tendría que ser cero, por ello la única posibilidad es que esté en la recta que contiene a las dos cargas para que ambas fuerzas vayan en la misma dirección y puedan anularse, y en las posiciones indicadas para que su sentido sea el contrario, de forma que se sitúe más cerca de la carga q_1 o q_2 que sea menor.

(27)

b)



Si la carga fuese positiva, $W_{A \rightarrow B} > 0$ al moverse espontáneamente en la dirección y el sentido del campo $\vec{E}$ (la fuerza eléctrica realizaría ese desplazamiento) y dicho trabajo se haría a costa de una disminución de E_p ($W_{A \rightarrow B} = -\Delta E_{pA \rightarrow B}$)



La carga sería negativa, ya que al desplazarse de A a B (misma dirección y sentido que el campo) la fuerza eléctrica (misma dirección pero sentido contrario al campo) realizaría un trabajo no espontáneo o negativo $W_{A \rightarrow B} < 0$, y dado que $W_{A \rightarrow B} = -\Delta E_{pA \rightarrow B}$, $\Delta E_{pA \rightarrow B} > 0$, incrementándose la E_p eléctrica.

(28) b)

1

q

A

B

$$V_A = K \frac{q \ominus}{r_A} < \uparrow V_B = K \cdot \frac{q \ominus}{r_B \uparrow}$$

El potencial en B es mayor (menos negativo) que el potencial en A.

(77)

a) $|\vec{F}_e| = |q| \cdot |\vec{E}| = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot (2 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}) = 4 \cdot 10^{-2} \text{ N}$

$m = 20 \text{ g} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$
 $q = -2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

$\vec{E} = -2 \cdot 10^4 \vec{j} \left(\frac{V}{m} = \frac{N}{C} \right)$

$P = m \cdot g = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 9.8 = 0.196 \text{ N}$

Qu?

$v^2 = v_0^2 + 2a \cdot s$

$v = \sqrt{0^2 + 2 \cdot 7.8 \cdot 0.15} = 2.79 \text{ m/s}$

$P > F_e$
MRUA
a) $F_{\text{resultante}} = P - F_e$
 $F_{\text{res}} = 0.196 - 4 \cdot 10^{-2}$

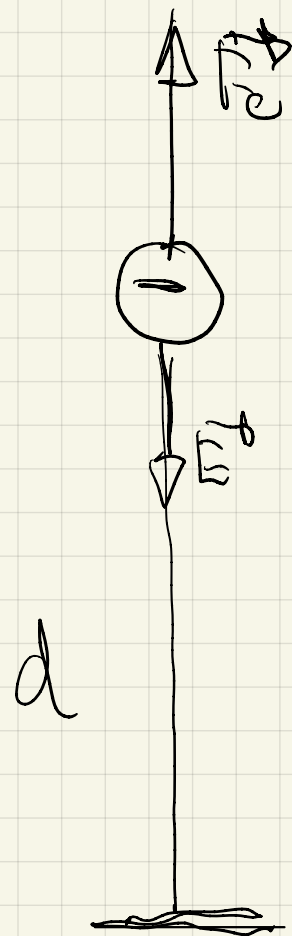
$F_{\text{res}} = 0.156 \text{ N}$

$F_{\text{res}} = m \cdot a$

$a = \frac{F_{\text{res}}}{m} = \frac{0.156 \text{ N}}{2 \cdot 10^{-2} \text{ kg}} = 7.8 \text{ m/s}^2$

MRUA

(77) b) Tanto la fuerza gravitatoria como la fuerza eléctrica son conservativas, y bajo su acción se conserva la E_m

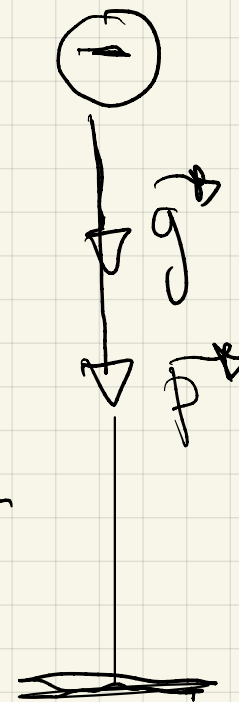


$$E = dV \Rightarrow F_{\text{elect}} = dV$$

$$W_F = F_e \cdot d \cdot \cos 180^\circ$$

$$W_F = 4 \cdot 10^{-2} \text{ N} \cdot 0.5 \text{ m} (-1)$$

$$W_F = -2 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$



$$g = dV \Rightarrow P = dV$$

$$W_P = P \cdot d \cdot \cos 0^\circ$$

$$W_P = 0.196 \text{ N} \cdot 0.5 \text{ m}$$

$$W_P = 9.8 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

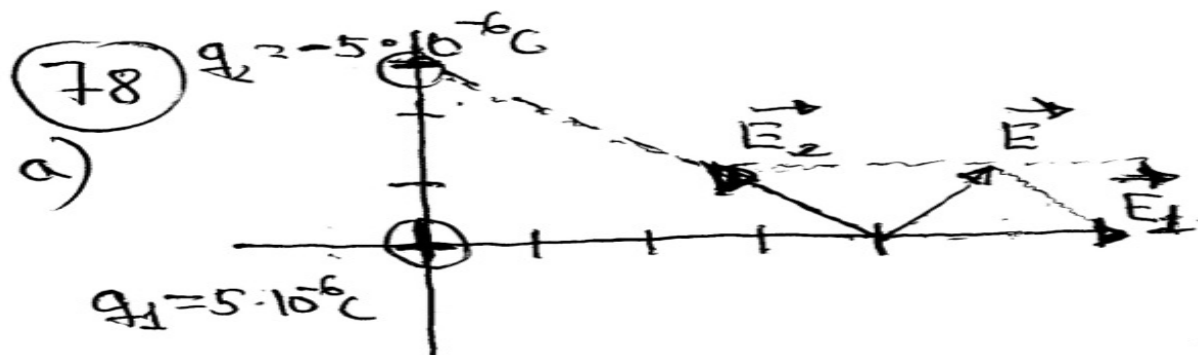
Aparte del ejercicio.

$$\Delta E_c = 9.8 \cdot 10^{-2} \text{ J} - 2 \cdot 10^{-2} \text{ J} = 7.8 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

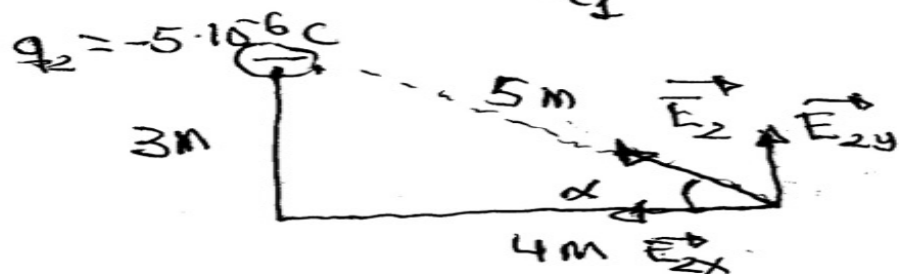
Comprobación

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} 2 \cdot 10^{-2} \cdot (2.79)^2 \approx 7.8 \cdot 10^{-2}$$



$$|\vec{E}_1| = k \cdot \frac{|q_1|}{r_1^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6}}{4^2} = 2812.5 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad \left| \vec{E}_1 = +2812.5 \vec{i} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right) \right|$$



$$|\vec{E}_2| = k \cdot \frac{|q_2|}{r_2^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6}}{5^2} = 1800 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

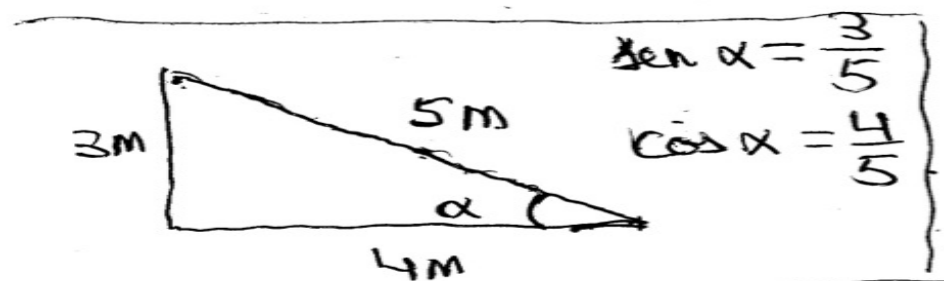
$$E_{2x} = E_2 \cdot \cos \alpha = 1800 \cdot \frac{4}{5} = 1440 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E}_{2x} = -1440 \vec{i} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

$$E_{2y} = E_2 \cdot \sin \alpha = 1800 \cdot \frac{3}{5} = 1080 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E}_{2y} = +1080 \vec{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

$$\vec{E}_2 = \vec{E}_{2x} + \vec{E}_{2y} = -1440 \vec{i} + 1080 \vec{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$



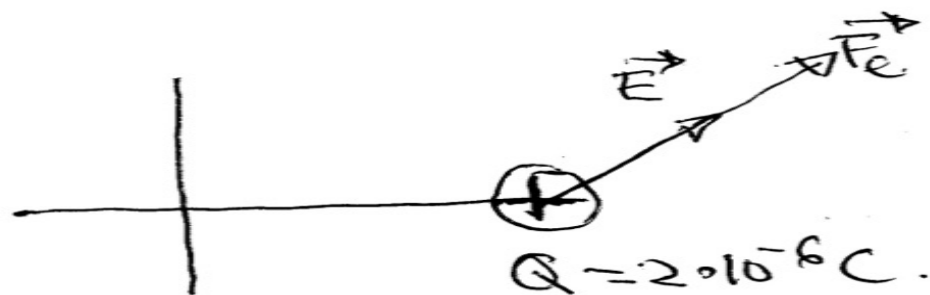
Princípio da Superposição.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = +2812.5 \vec{i} - 1440 \vec{i} + 1080 \vec{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

$$|\vec{E}| = 1372.5 \vec{i} + 1080 \vec{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

$$|\vec{E}| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

$$|\vec{E}| = 1746.47 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



→ La carga positiva experimenta una fuerza de igual dirección y sentido que $\vec{E}$.

Salvando $\vec{E} \Rightarrow \vec{F} = Q \cdot \vec{E}$

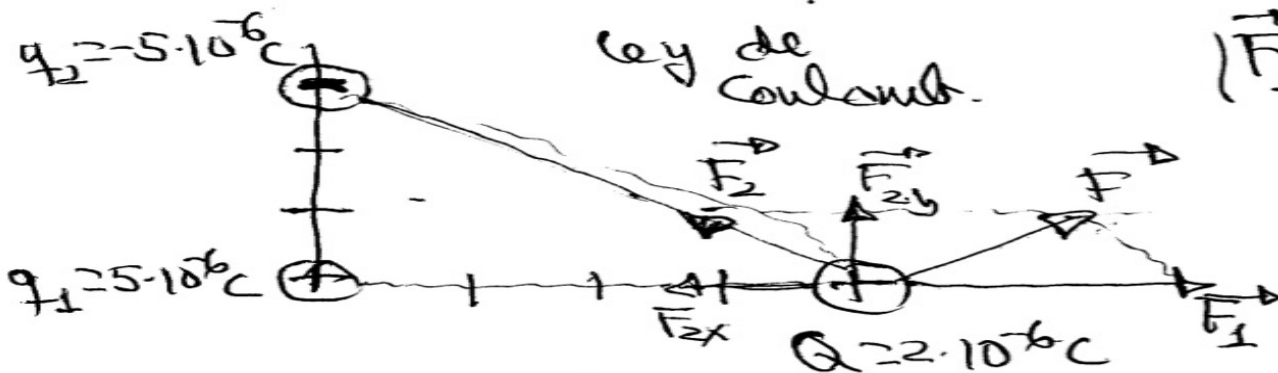
$$\vec{F} = 2 \cdot 10^{-6} (1372.5 \vec{i} + 1080 \vec{j})$$

$$\vec{F} = 2.745 \cdot 10^{-3} \vec{i} + 2.16 \cdot 10^{-3} \vec{j} \text{ (N)}$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 3.49 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$(|\vec{F}| = |Q| \cdot |\vec{E}| = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 1746.47 \frac{\text{N}}{\text{C}} = 3.49 \cdot 10^{-3} \text{ N})$$

Otra forma de sacar la fuerza



ley de Coulomb.

$$|\vec{F}_1| = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |Q|}{r_1^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{4^2}$$

$$|\vec{F}_1| = 5.63 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$\vec{F}_1 = +5.63 \cdot 10^{-3} \vec{i} \text{ (N)}$$

$$|\vec{F}_2| = k \cdot \frac{|q_2| \cdot |Q|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{5^2} = 3.6 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

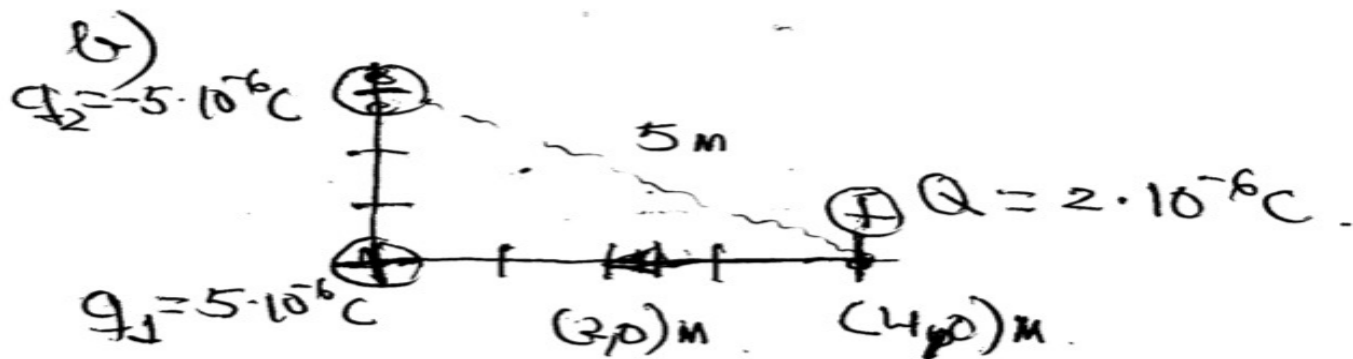
$$F_{2x} = F_2 \cdot \cos \alpha = 3.6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{4}{5} = 2.88 \cdot 10^{-3} \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{2x} = -2.88 \cdot 10^{-3} \vec{i} \text{ (N)}$$

$$F_{2y} = F_2 \cdot \sin \alpha = 3.6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{3}{5} = 2.16 \cdot 10^{-3} \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{2y} = +2.16 \cdot 10^{-3} \vec{j} \text{ (N)}$$

$$\vec{F}_2 = -2.88 \cdot 10^{-3} \vec{i} + 2.16 \cdot 10^{-3} \vec{j} \text{ (N)}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 2'75 \cdot 10^{-3} \vec{u}_x + 2'16 \cdot 10^{-3} \vec{u}_y \text{ (N)}$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 3'49 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$



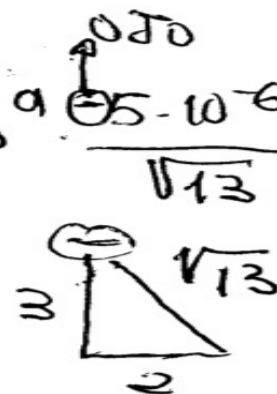
Principio de superposición

$$V(4,0) \text{ m} = k \cdot \frac{q_1}{r_1} + k \cdot \frac{q_2}{r_2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6}}{4} + 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-5 \cdot 10^{-6}}{5}$$

$$[V(4,0) \text{ m} = 2250 \text{ V}]$$

$$V(2,0) \text{ m} = k \cdot \frac{q_1}{r_1'} + k \cdot \frac{q_2}{r_2'} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6}}{2} + 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-5 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{13}}$$

$$[V(2,0) \text{ m} = 10000 \text{ V}]$$

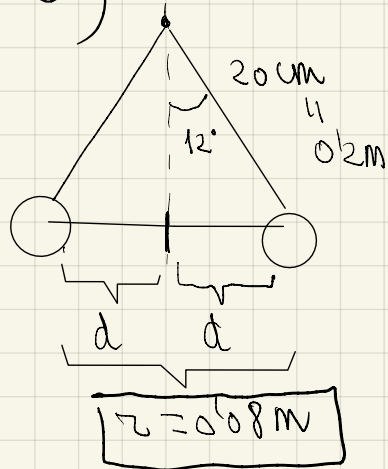


$$W_{(4,0) \text{ m} \rightarrow (2,0) \text{ m}} = Q \cdot (V(4,0) \text{ m} - V(2,0) \text{ m})$$

$$W_{(4,0) \text{ m} \rightarrow (2,0) \text{ m}} = 2 \cdot 10^{-6} (2250 - 10000) = -1'55 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

Por ser el trabajo negativo no es espontáneo

79 a)

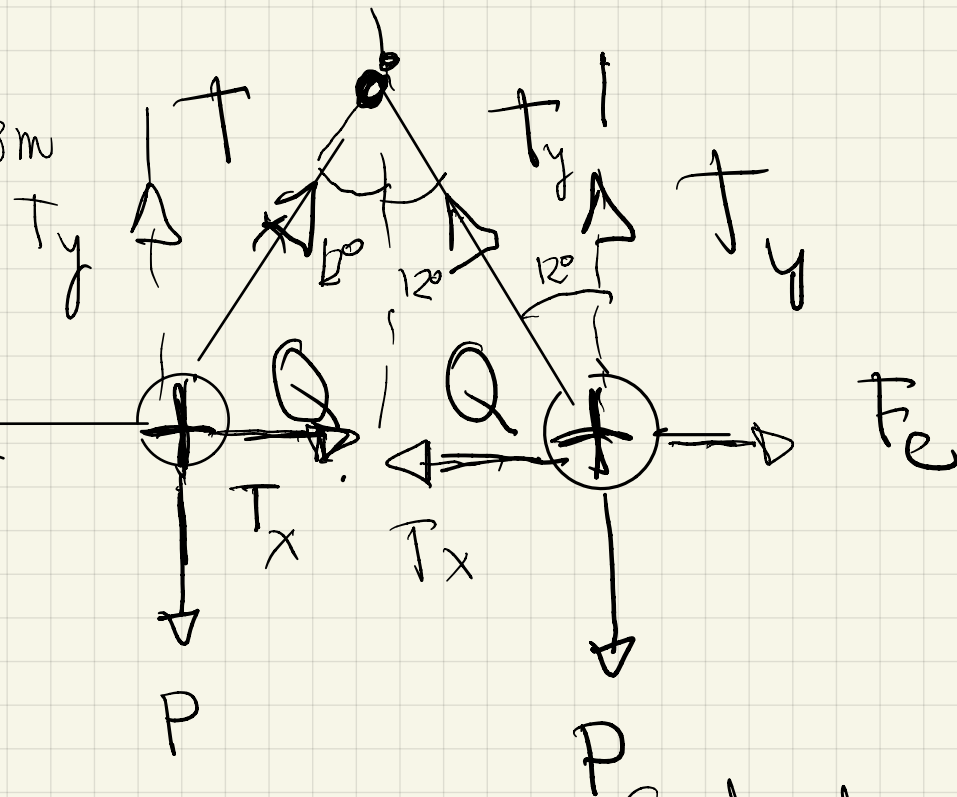


$$\sin 12^\circ = \frac{d}{0.2\text{m}} \Rightarrow d = 0.2 \cdot \sin 12^\circ$$

$$d = 0.04\text{m}$$

$$r = 2d = 2 \cdot 0.04\text{m} = 0.08\text{m}$$

$$m = 5\text{g} = 5 \cdot 10^{-3}\text{kg}$$



$$\left. \begin{aligned} F_e &= T_x \Rightarrow F_e = T \cdot \sin \alpha \\ P &= T_y \Rightarrow m \cdot g = T \cdot \cos \alpha \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{F_e}{m \cdot g} = \frac{T \cdot \sin \alpha}{T \cdot \cos \alpha} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{F_e}{m \cdot g}$$

$$F_e = m \cdot g \cdot \tan \alpha$$

$$F_e = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 9.8 \cdot \tan 12^\circ$$

$$F_e = 0.01\text{N}$$

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

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

$$Q = \sqrt{\frac{F_e \cdot r^2}{K}} = \sqrt{\frac{0.01 \cdot (0.08)^2}{9 \cdot 10^9}} = 8.43 \cdot 10^{-8}\text{C}$$

Es el valor absoluto de la carga podrían ser ambas positivas o negativas.

79) $F_c = t \cdot \sin \alpha \Rightarrow T = \frac{F_c}{\sin \alpha} = \frac{0.01}{\sin 12^\circ} = \underline{0.048 \text{ N}}$

$$b) \quad \tan \alpha = \frac{F_e}{m \cdot g} = \frac{K \cdot \frac{Q \cdot Q}{r^2}}{m \cdot g}$$

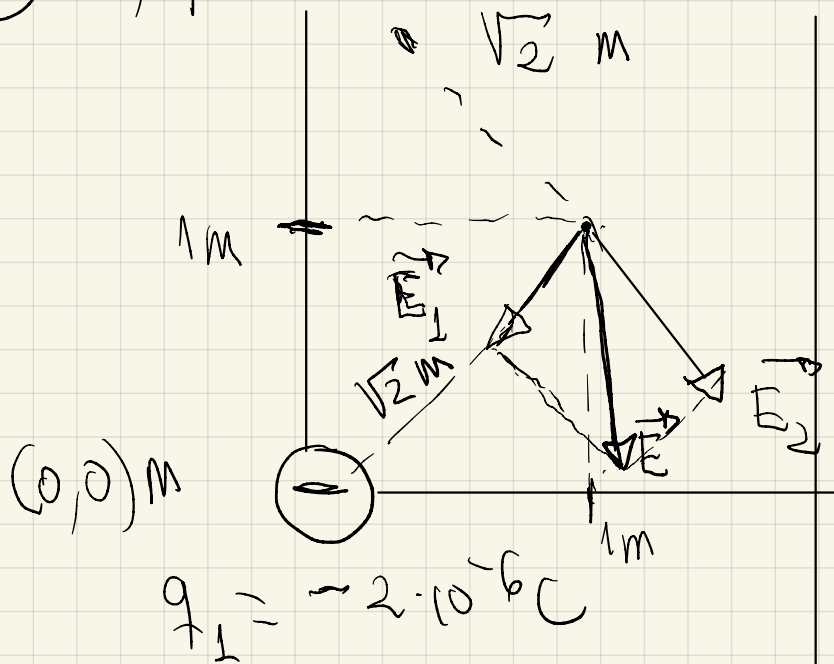
$$\text{tg } \alpha = \frac{\cancel{r^2} \cancel{2} \cancel{m} \cdot g}{\cancel{r^2} \cancel{2} \cancel{m} \cdot g} = 1$$

Al duplicar la masa, cada carga debería valer $\sqrt{2} Q$

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{K Q^2}{r^2 m \cdot g} \Rightarrow \\ \tan \alpha &= \frac{K \cdot Q^2}{r^2 \cdot 2m \cdot g} \end{aligned}$$

$$Q = \sqrt{\frac{k}{r^2 \cdot m \cdot g \cdot \tan \alpha}}$$
$$Q' = \sqrt{\frac{k}{r^2 \cdot 2m \cdot g \cdot \tan \alpha}}$$
$$\frac{Q'}{Q} = \frac{\sqrt{\frac{k}{r^2 \cdot m \cdot g \cdot \tan \alpha}}}{\sqrt{\frac{k}{r^2 \cdot 2m \cdot g \cdot \tan \alpha}}}$$
$$Q' = \sqrt{2} Q$$

81 a) $q_2 = +4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$
 $(0, 2) \text{ m}$



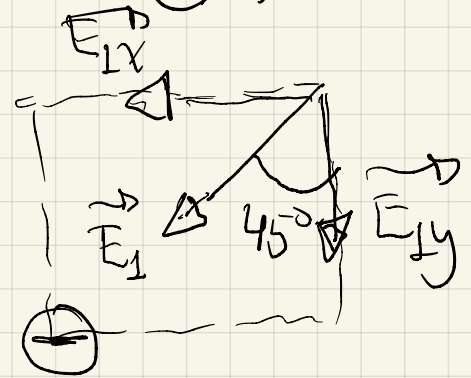
$$\vec{E}_1 = \vec{E}_{1x} + \vec{E}_{1y}$$

$$\vec{E}_1 = -6363'96 \frac{\text{N}}{\text{C}} - 6363'96 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$|\vec{E}_1| = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6}}{(\sqrt{2})^2} = 9 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$$



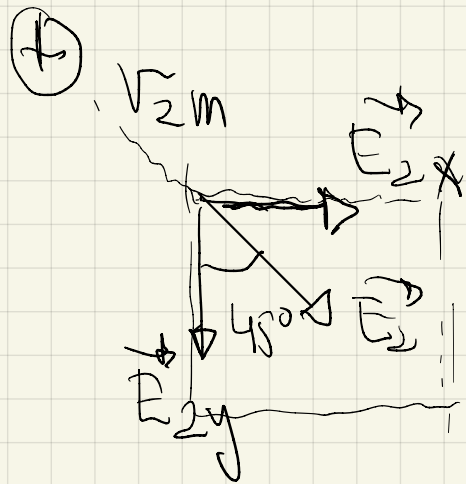
$$E_{1x} = E_1 \cdot \sin 45^\circ = 9 \cdot 10^3 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 6363'96 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E}_{1x} = -6363'96 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_{1y} = E_1 \cdot \cos 45^\circ = 9 \cdot 10^3 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 6363'96 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E}_{1y} = -6363'96 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$q_2 = +4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$



$$|\vec{E}_2| = k \cdot \frac{|q_2|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{(\sqrt{2})^2} = 18 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_{2x} = E_2 \cdot \sin 45^\circ = 18 \cdot 10^4 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 12727'92 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E}_{2x} = +12727'92 \vec{i} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

$$E_{2y} = E_2 \cdot \cos 45^\circ = 18 \cdot 10^4 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 12727'92 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E}_{2y} = -12727'92 \vec{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

$$\vec{E}_2 = +12727'92 \vec{i} - 12727'92 \vec{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

Finalmente $\rightarrow$

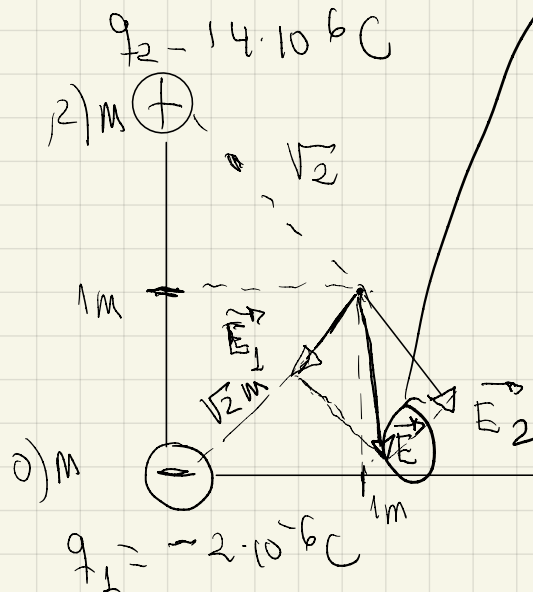
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$\vec{E} = -6363'96 \vec{i} - 6363'96 \vec{j} + 12727'92 \vec{i} - 12727'92 \vec{j}$$

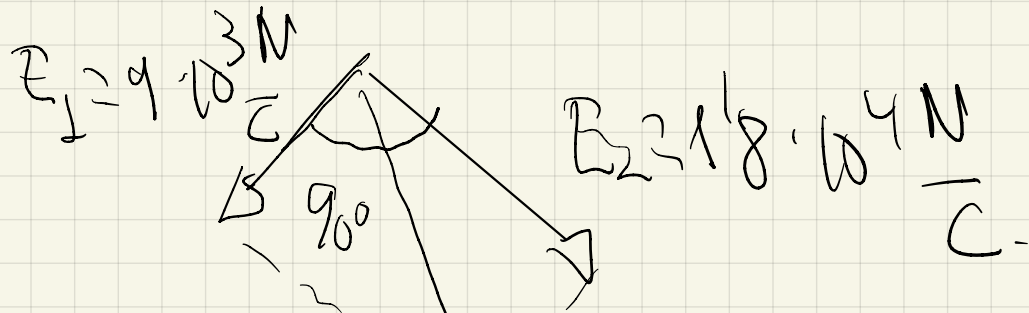
$$\vec{E} = 6363'96 \vec{i} - 19091'88 \vec{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

$$|\vec{E}| = \sqrt{(6363'96)^2 + (19091'88)^2}$$

$$|\vec{E}| = 20124'61 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



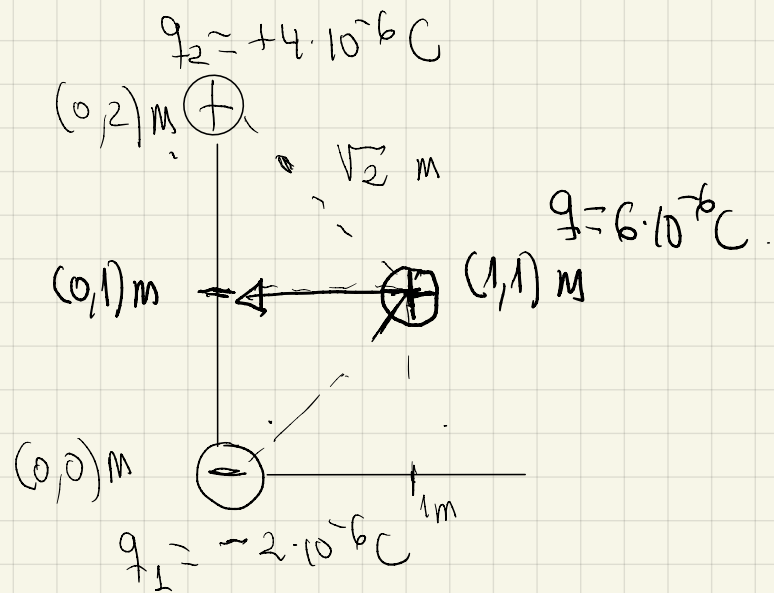
Preferible hacerlo
así



$$|\vec{E}| = \sqrt{(1.8 \cdot 10^4)^2 + (9 \cdot 10^3)^2}$$

$$|\vec{E}| = 20124.61 \frac{N}{C}.$$

81 b)



$$V_{(0,1)m} = V_1' + V_2'$$

$$V_{(0,1)m} = k \cdot \frac{q_1}{r_1'} + k \cdot \frac{q_2}{r_2'}$$

$$V_{(0,1)m} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-2 \cdot 10^{-6}}{1} + 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{1}$$

$$V_{(0,1)m} = 18000 \text{ V}$$

un trabajo negativo no se realiza espontáneamente, por lo
realizarían las fuerzas del campo.

Princípio de superposição.

$$V_{(1,1)m} = V_1 + V_2$$

$$V_{(1,1)m} = k \cdot \frac{q_1}{r} + k \cdot \frac{q_2}{r}$$

$$V_{(1,1)m} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-2 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{2}} + 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{(1,1)m} = 12727.92 \text{ V}$$

$$V_{(1,1)m} = k \cdot \frac{q_1}{r} + k \cdot \frac{q_2}{r}$$

$$W_{(1,1) \rightarrow (0,1)} = q \cdot (V_{(1,1)} - V_{(0,1)})$$

$$W_{(1,1) \rightarrow (0,1)} = 6 \cdot 10^{-6} (12727.92 - 18000)$$

$$W_{(1,1) \rightarrow (0,1)} = -0.032 \text{ J}$$

82

a)

A

B

PC(5/4)m

$1 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$

($\cancel{F_{\text{gravit}}}$, se desprecia)

→ Solo de naturaleza eléctrica

$$F = q \cdot E$$

$$F = m \cdot a \rightarrow \text{provoca una aceleración}$$

El tiempo se calcula mediante la cinemática del MRUA.

$$\begin{aligned} F_e &= q \cdot E \rightarrow \text{UNIFORME} \\ F &= m \cdot a \rightarrow \text{UNIFORME} \end{aligned}$$

MRUA, sentido ascendente.

$$q \cdot E = m \cdot a$$

$$a = \frac{q \cdot E}{m} = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 2000}{1 \cdot 10^{-3}}$$

$$a = 8 \text{ m/s}^2$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{8}} = 1.12 \text{ s}$$

5m

b)

$$v^2 = v_0^2 + 2as$$

$$v = \sqrt{2as} = \sqrt{2 \cdot 8 \cdot 5} = \sqrt{80} \text{ m/s} = 8.94 \text{ m/s}$$

$$-\Delta E_{PA \rightarrow PB} = W_{A \rightarrow B} = \Delta E_{CA \rightarrow B} \quad \text{2 FORMAS.}$$

$$\begin{aligned} -\Delta E_{PA \rightarrow PB} &= 0.04 \text{ J} \\ \Delta E_{PA \rightarrow PB} &= -0.04 \text{ J} \end{aligned}$$

la E_p disminuye en 0.04 J

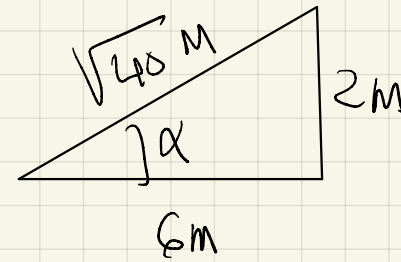
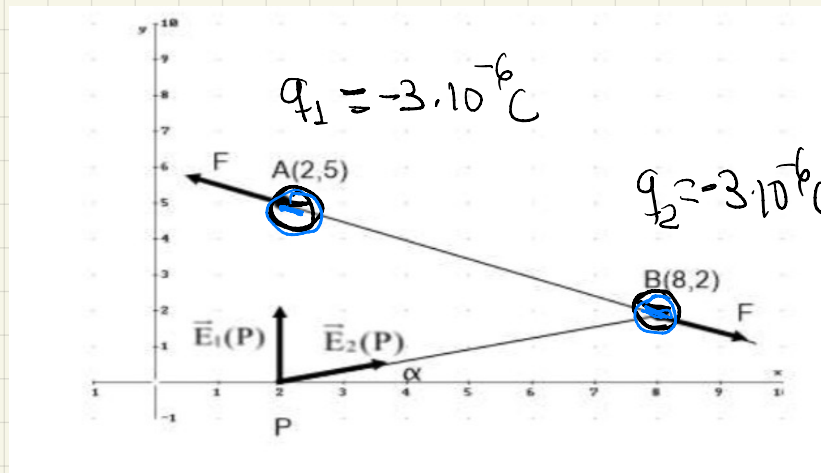
$$\begin{aligned} W_{A \rightarrow B} &= F \cdot d \cdot \cos 0^\circ \\ W_{A \rightarrow B} &= q \cdot E \cdot d \\ W_{A \rightarrow B} &= 4 \cdot 10^{-6} \cdot 2000 \cdot 5 \\ W_{A \rightarrow B} &= 0.04 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta E_{CA \rightarrow B} &= \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 \\ \Delta E_{CA \rightarrow B} &= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot (8.94)^2 \\ \Delta E_{CA \rightarrow B} &= 0.04 \text{ J} \end{aligned}$$

SOLO CON E UNIFORME.

83)

a)



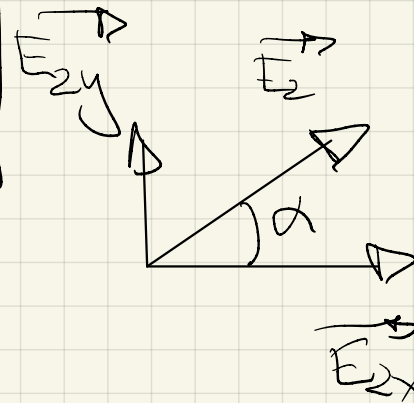
$$\sin \alpha = \frac{2}{\sqrt{40}}$$

$$\cos \alpha = \frac{6}{\sqrt{40}}$$

$$|\vec{E}_1| = k \cdot \frac{|q_1|}{r_1^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{3 \cdot 10^{-6}}{5^2} = 1080 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E}_1 = +1080 \vec{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

$$|\vec{E}_2| = k \cdot \frac{|q_2|}{r_2^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{3 \cdot 10^{-6}}{(\sqrt{40})^2} = 675 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



$$E_{2x} = E_2 \cdot \cos \alpha$$

$$E_{2x} = 675 \cdot \frac{6}{\sqrt{40}} = 640'36 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

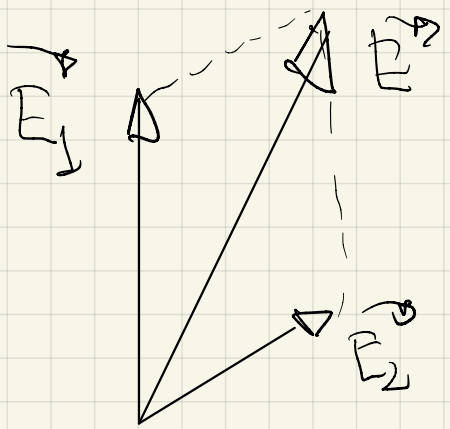
$$\vec{E}_{2x} = +640'36 \vec{i} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

$$E_{2y} = E_2 \cdot \sin \alpha$$

$$E_{2y} = 675 \cdot \frac{2}{\sqrt{40}} = 213'45 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E}_{2y} = +213'45 \vec{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

$$\vec{E}_2 = \vec{E}_{2x} + \vec{E}_{2y} = 640'36 \vec{i} + 213'45 \vec{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$



$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 1080 \vec{i} + 640'36 \vec{j} + 213'45 \vec{j} \left(\frac{N}{C} \right)$$

$$\vec{E} = 640'36 \vec{j} + 1293'45 \vec{j} \left(\frac{N}{C} \right)$$

85

- a) i) La afirmación es falsa, la carga positiva se desplaza espontáneamente hacia puntos de potencial menor



Para que se realice espontáneamente.

$$W_{A \rightarrow B} = q \cdot (V_A - V_B) > 0$$

(+ +)

$V_A > V_B$

- ii) La afirmación es verdadera

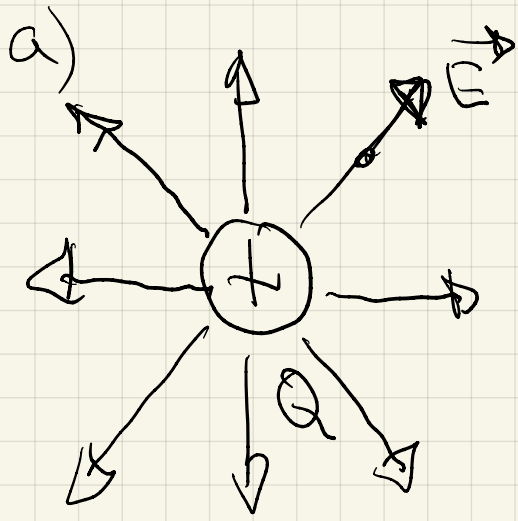
$$F = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \quad \text{ley de Coulomb}$$

$F' = F$

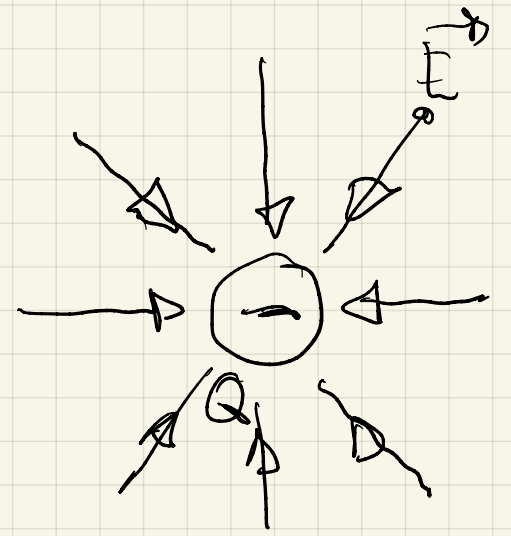
Two arrows point from the boxed equation down to the next equation.

$$F' = K \cdot \frac{2Q_1 \cdot 2Q_2}{(2r)^2} \Rightarrow F' = \frac{4}{4} K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

(87)



El campo eléctrico $\vec{E}$ creado por una carga puntual Q se define como una magnitud vectorial en la que encontramos

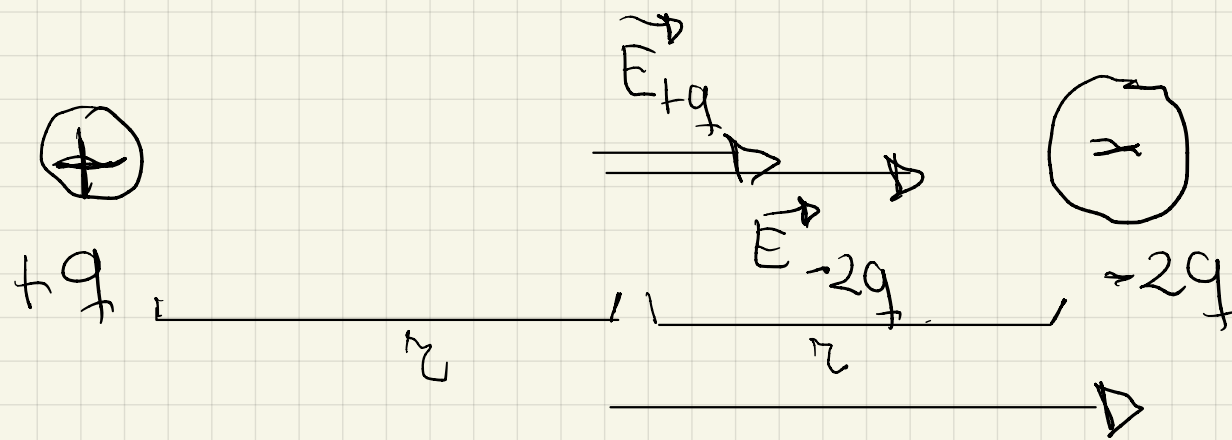


= Módulo: Es la fuerza por unidad de carga:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{k \frac{Q \cdot q}{r^2}}{q} = k \cdot \frac{Q}{r^2} \left(\frac{N}{C} \right)$$

- Dirección: tangente en cada punto a las líneas de campo

- Sentido: el de las líneas de campo (ver dibujos)



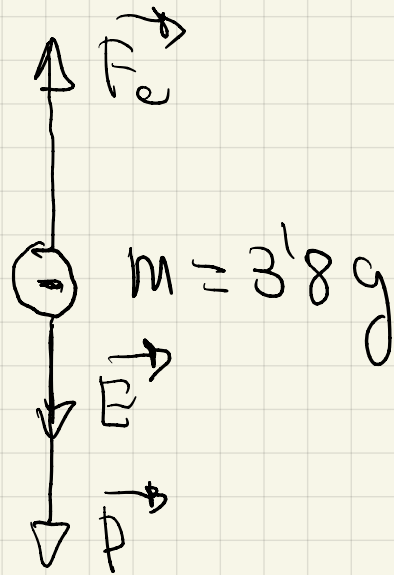
$$\vec{E} = \vec{E}_{+q} + \vec{E}_{-2q} \quad (\text{princípio de superposição})$$

$$|\vec{E}| = k \cdot \frac{q}{r^2} + k \cdot \frac{2q}{r^2} = k \cdot \frac{3q}{r^2} \quad (\text{módulo})$$

$$\vec{E} = k \cdot \frac{3q}{r^2} \vec{r}$$

(87) b)

$$E = 4500 \frac{N}{C}$$



$$|\vec{F}_e| = |\vec{P}|$$

$$|q| \cdot |\vec{E}| = m \cdot g$$

$$|q| = \frac{m \cdot g}{E} = \frac{3.8 \cdot 10^{-3} \cdot 9.8}{4500} = 8.27 \cdot 10^{-6} C$$

$$q = -8.27 \cdot 10^{-6} C$$

(88)

a)

$$V_A > V_B$$

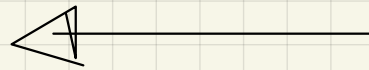
⊕

$$W_{1 \rightarrow 2} = q \cdot (V_1 - V_2) > 0$$

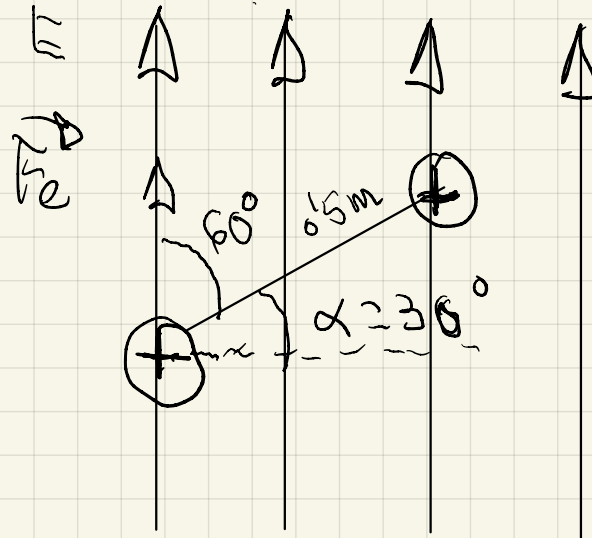
⊖ · ⊖

$$V_1 < V_2$$

Irá hacia
potenciales
mayores espontáneamente, es
decir, se dirige hacia A



b) campo eléctrico uniforme



$$E = 5 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

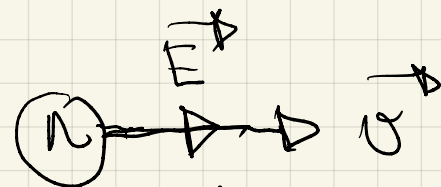
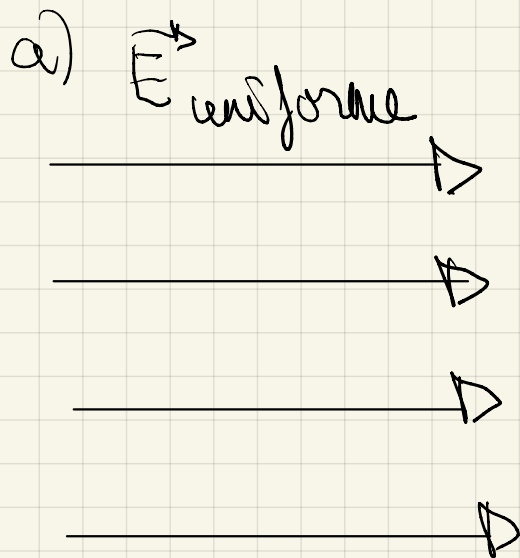
$$W_{Fe} = F_e \cdot d \cdot \cos 60^\circ$$

$$W_{Fe} = q \cdot E \cdot d \cdot \cos 60^\circ$$

$$W_{Fe} = 2.5 \cdot 10^{-8} \cdot 5 \cdot 10^4 \cdot 0.15 \cdot \frac{1}{2}$$

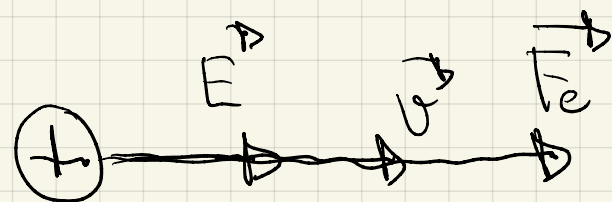
$$W_{Fe} = 3.125 \cdot 10^{-4} J$$

89



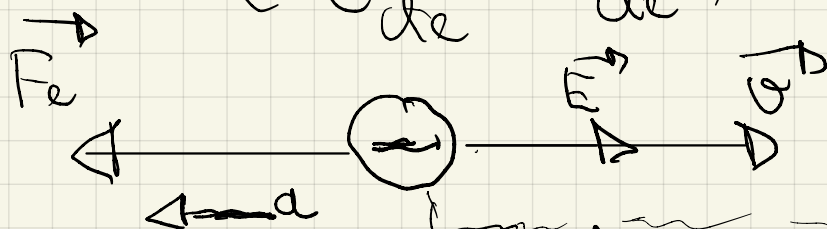
MRU (1ª ley de Newton)

Sobre el neutrón no actúa fuerza eléctrica al no estar cargado, por ello sigue su MRU. ($\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$)



MRUA

Sobre el protón actúa una F_e de al ser E de ($F_e = q \cdot E$), le proporciona dicha fuerza una a de y por ello describe MRUA. ($F_e = m \cdot a$ de, 2ª ley de Newton)



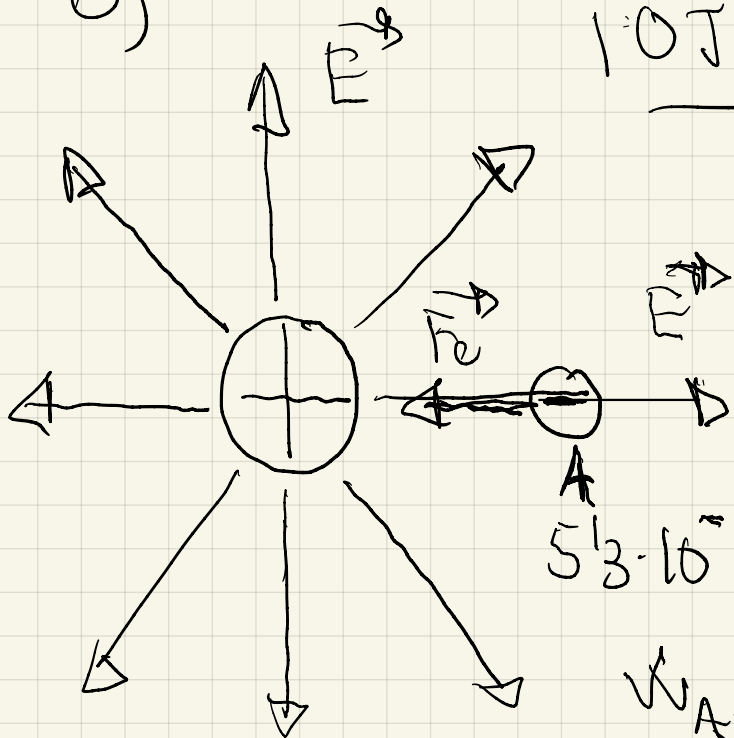
$v=0$ MRUA DECELERADO

Sobre el electrón actúa también una F_e de pero en este caso va en sentido contrario a $\vec{E}$ y a $\vec{v}$, por ello esa F_e de lo hace decelerar con a de hasta que se para (MRUA DECELERADO)



Una vez que se ha parado dicha fuerza hará que ese electrón se mueva hacia la izquierda con MRUA.

b) ¡OJO! el protón no crea un campo eléctrico uniforme ($E = K \cdot \frac{Q}{r^2}$)



$$V_A = K \cdot \frac{q_p}{r} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1.6 \cdot 10^{-19}}{5.3 \cdot 10^{-11}} = 27117 \text{ V}$$

$$V_B = K \cdot \frac{q_p}{r} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1.6 \cdot 10^{-19}}{4.75 \cdot 10^{-10}} = 303 \text{ V}$$

$$W_{A \rightarrow B} = q_e (V_A - V_B) = -1.6 \cdot 10^{-19} (27117 - 303) = -3.86 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

El trabajo es negativo porque alejar una carga positiva y otra negativa no es espontáneo, se observa que la fuerza eléctrica no realizara tal desplazamiento.