

CAMPO ELÉCTRICO

Propiedades fundamentales de la carga.

- Conservación de la carga.

- Cuantización de la carga. ($n = 1, 2, 3, \dots$)

$$Q = \pm ne$$

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C.}$$

$$\text{Na}^+ \quad + 16 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{Cl}^- \quad - 16 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{Ca}^{2+} \quad 2 \cdot (+16 \cdot 10^{-19} \text{ C})$$

$$\text{S}^{2-} \quad 2 \cdot (-16 \cdot 10^{-19} \text{ C})$$

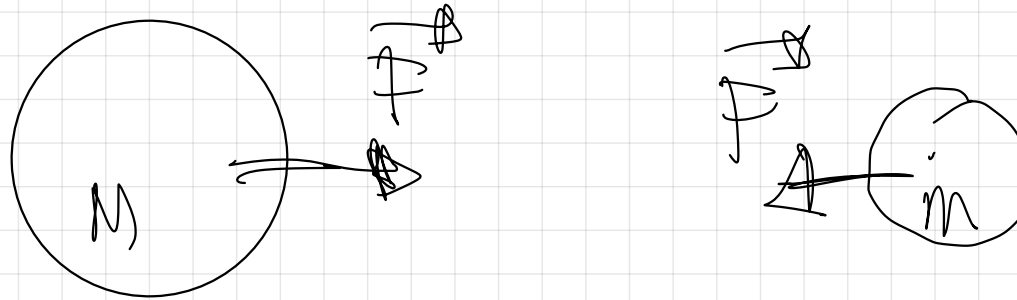
$$\text{Al}^{3+} \quad 3 \cdot (+16 \cdot 10^{-19} \text{ C})$$

~~$$\text{Bi}^{3+} \quad 3 \cdot (+16 \cdot 10^{-19} \text{ C})$$~~

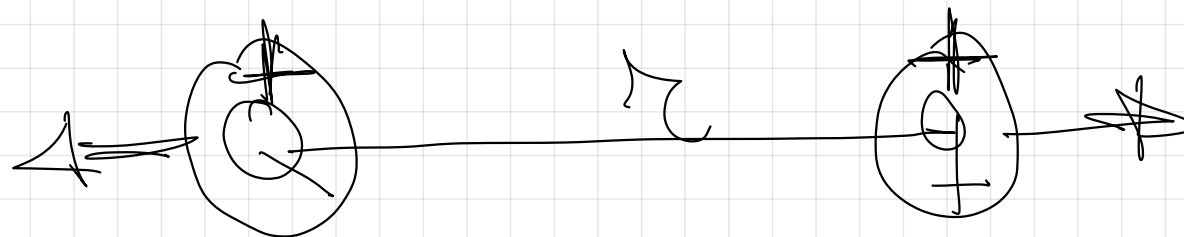
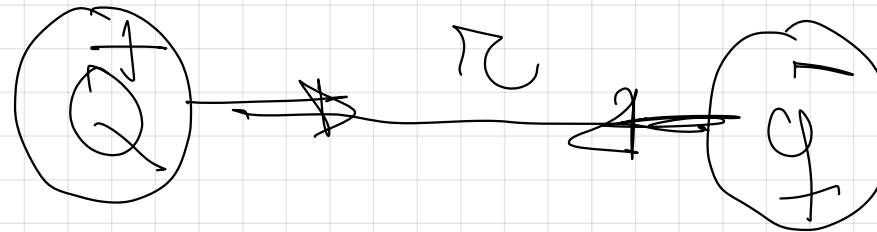
~~$$\text{Mg}^{2+} \quad 2 \cdot (+16 \cdot 10^{-19} \text{ C})$$~~

$-$ $\neq$ atracção, $=$ repulsão.

2.- FUERZA ENTRE DOS CARGAS EN REPOSO. LEY DE COULOMB.



$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$



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

$F \Rightarrow$ ~~N~~ en S.I.

$r \Rightarrow$ m en S.I.

$Q \cdot q \Rightarrow$ C en S.I.

oado.

$$\Rightarrow G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \text{Kg}^{-2}$$

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

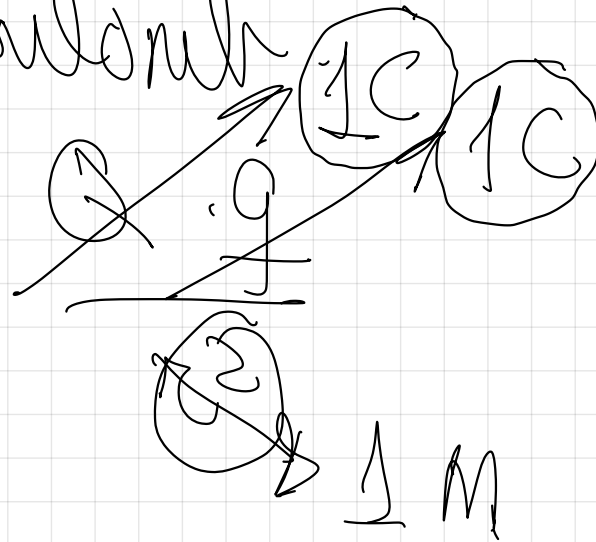
Es mayor que G y depende del medio.



by Coulomb

F

$= k \cdot$



$$F = q \cdot 10^9 N$$

$$1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C}$$

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

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

$$1 \text{ pC} = 10^{-12} \text{ C}$$

milicoulombio

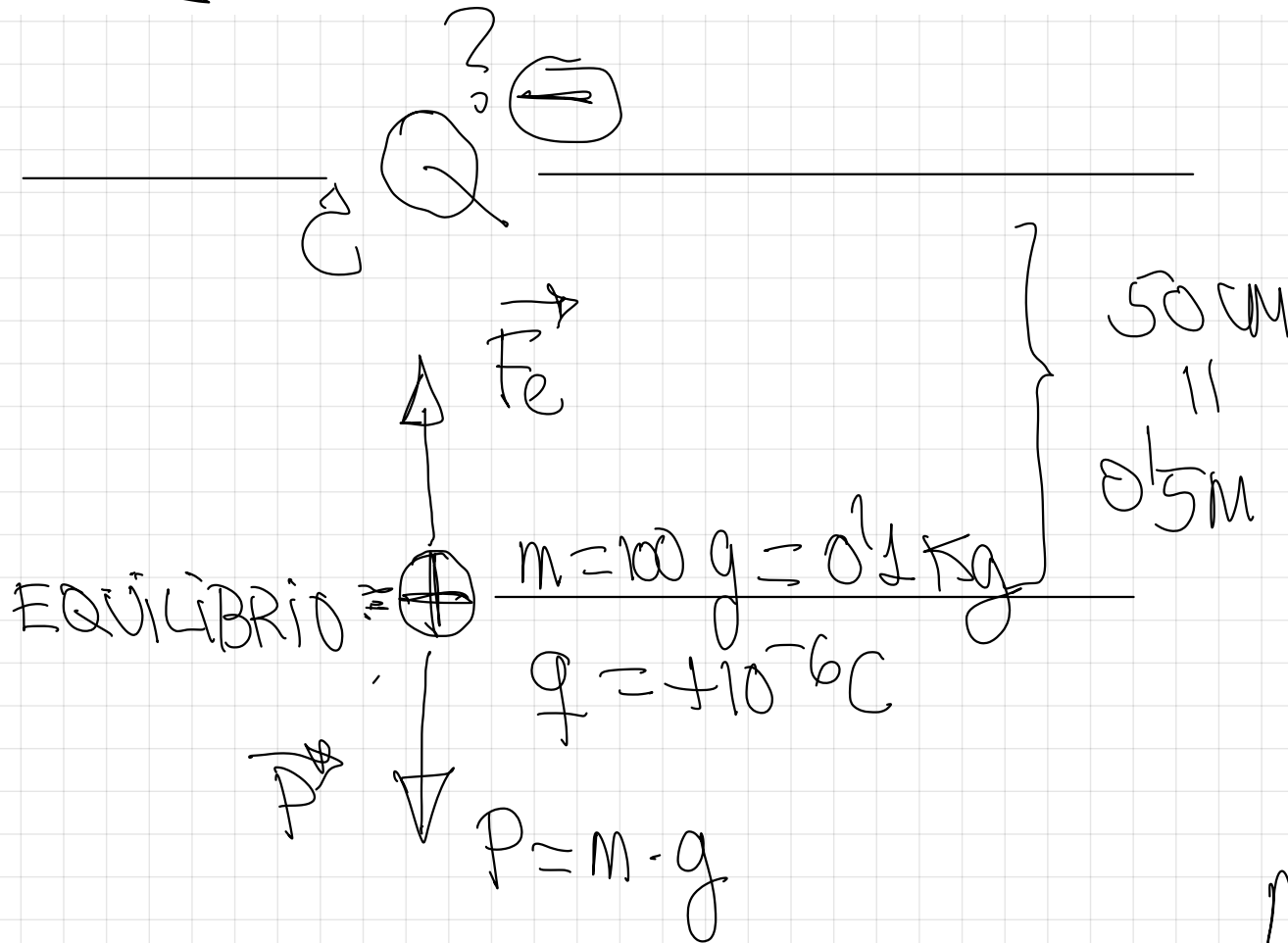
microcoulombio

nanocoulombio

píco coulombio.

1.- Una partícula de masa $m=100\text{ g}$ está cargada con una carga $q = +10^{-6}\text{C}$ y se mantiene en equilibrio a una distancia de 50 cm por debajo de otra partícula Q cargada y fija.
¿Cuánto vale la carga de esta segunda partícula Q fija?.

$g=9,8\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, $K=9\cdot 10^9\text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}$



~~$P = F_e$~~

CONDICIÓN DE EQUILIBRIO

$|P| = |F_e|$

Ley de Coulomb:

$m \cdot g = K$

$m \cdot g \cdot r^2 = K \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}$

$$|Q| = \frac{m \cdot g \cdot r^2}{k \cdot q} = \frac{0.15 \text{ kg} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (0.5 \text{ m})^2}{9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2} \cdot 10^{-6} \text{ C}}$$

$$|Q| = 2.7 \cdot 10^{-5} \text{ C} \rightarrow \text{Solo hallé el valor absoluto.}$$

Para que la F_e vaya en el sentido indicado $Q = \ominus 2.7 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.

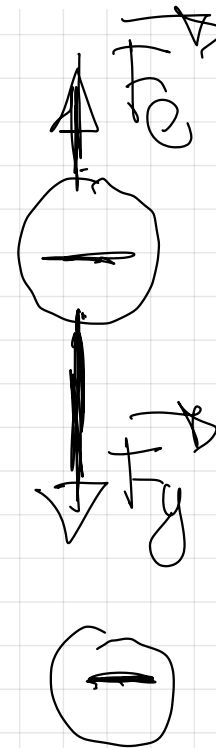
2.- Se sitúa en el origen de coordenadas del espacio vacío un cuerpo puntual de masa 10 Kg y con una carga eléctrica de -1nC. En el punto (0,1)m se sitúa otro cuerpo puntual de masa 20 Kg y carga eléctrica -100 pC.

- Calcula la fuerza que ejerce el primer cuerpo sobre el cuerpo situado en (0,1) m
- ¿Cuál es la relación entre la fuerza eléctrica y la fuerza gravitatoria en este caso?
- Si las cargas estuviesen separadas una distancia mayor en la misma línea que antes, ¿Cómo afectaría ello a la relación calculada en el apartado b)?

$K=9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$, $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$

~~(0,0)m~~ (0,1)m . $m_2 = 20 \text{ Kg}$
 $q_2 = -100 \text{ pC} = -100 \cdot 10^{-12} \text{ C}$

(0,0)m $m_1 = 10 \text{ Kg}$
 $q_1 = -1 \text{ nC} = -1 \cdot 10^{-9} \text{ C}$



G. Univ.

$$|\vec{F}_g| = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{r^2} = 667 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{10 \cdot 20}{12} = 1.133 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

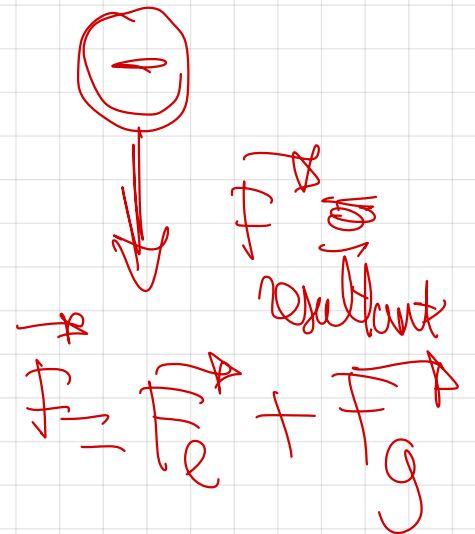
L. Coulomb

$$|\vec{F}_e| = K \cdot \frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-9} \cdot 100 \cdot 10^{-12}}{12} = 9 \cdot 10^{-10} \text{ N}$$

$$\vec{F}_e = + 9 \cdot 10^{-10} \vec{y} \text{ (N)}$$



$$\vec{F}_g = - 1.133 \cdot 10^{-8} \vec{y} \text{ (N)}$$



$$|\vec{F}| = |\vec{F}_g| - |\vec{F}_e|$$

$$|\vec{F}| = \underline{1.33 \cdot 10^{-8}} - \underline{9 \cdot 10^{-10}}$$

$$|\vec{F}| = 1.24 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

$$\vec{F} = 9 \cdot 10^{-10} \vec{j} - 1.33 \cdot 10^{-8} \vec{j}$$

$$\vec{F} = \underline{\underline{-1.24 \cdot 10^{-8} \vec{j} \text{ (N)}}}$$

$$|\vec{F}| = 1.24 \cdot 10^{-8} \text{ N} \downarrow$$

~~$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{9 \cdot 10^{-10} \text{ N}}{1.33 \cdot 10^{-8} \text{ N}} \Rightarrow 0.068$$~~

$$\boxed{F_e = 0.068 F_g}$$

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{K \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}}{G \cdot \frac{M_1 M_2}{r^2}}$$

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{K \cdot q_1 q_2}{G M_1 M_2}$$

$$\frac{F_e}{F_g} = 0.068$$

c) la distancia
que separa a
ambas partículas

$$F_e = 0.068 F_g$$

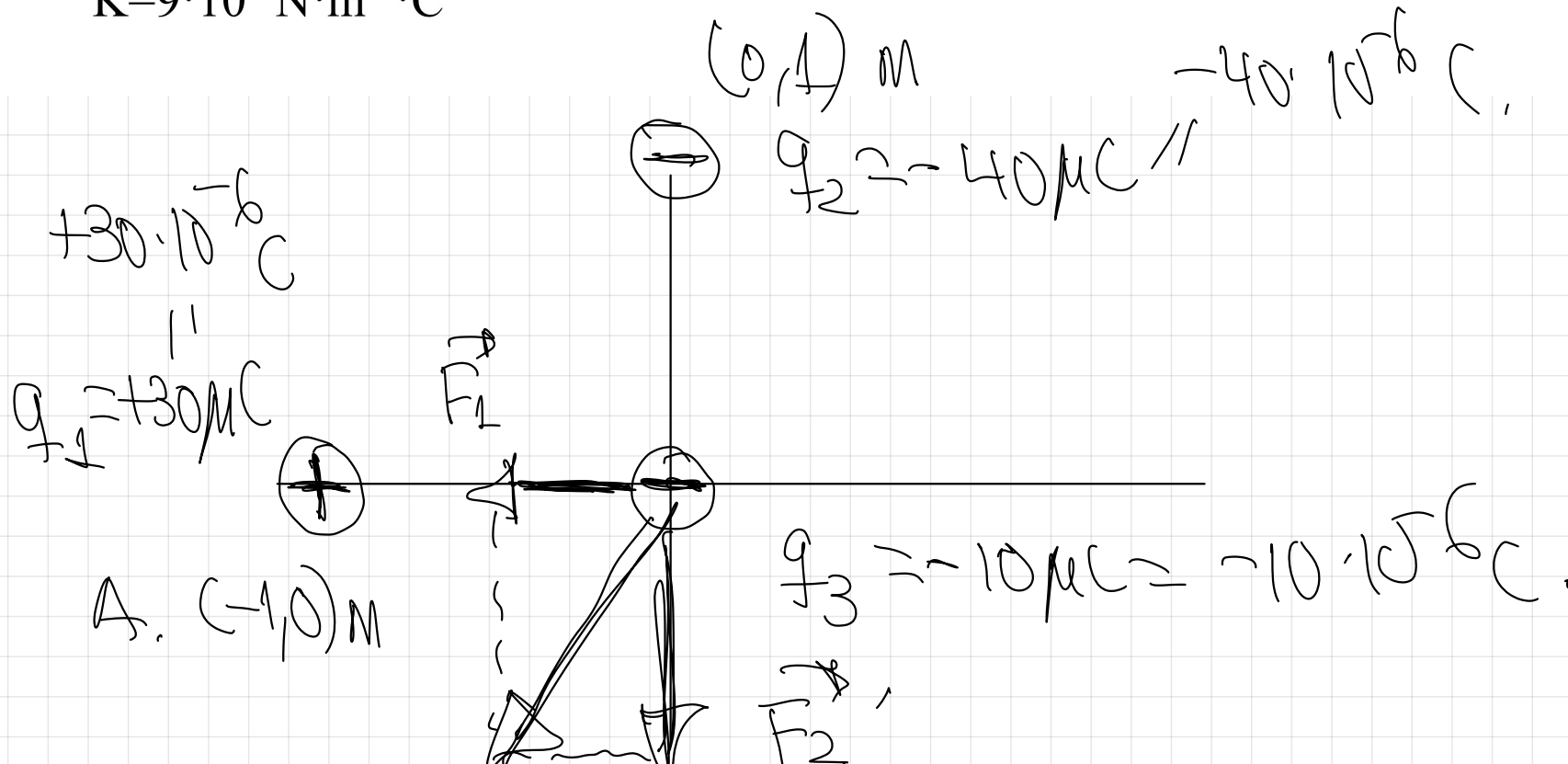
no influye en la velocidad.

3.- En los puntos A(-1,0) m y B(0,1) m están situadas, respectivamente, las cargas puntuales $q_1 = +30\mu\text{C}$ y $q_2 = -40\mu\text{C}$.

a) Calcular la fuerza que dichas cargas ejercen sobre una carga $q_3 = -10\mu\text{C}$ situada en el punto (0,0) m

b) Dibujar un esquema de todas las fuerzas actuantes

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



$$\boxed{\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2} \quad \text{Principio de superposición.}$$

¡ OJO ! Cuando trabajamos con la $\vec{F}$ y con el resto de magnitudes vectoriales del campo eléctrico primero calculamos su módulo usando el valor absoluto de las cargas y después se asigna la dirección y

o sentido.

$$-40 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

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

$$+30 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_1 = +30 \mu\text{C}$$

$$A. (-1, 0) \text{ m}$$

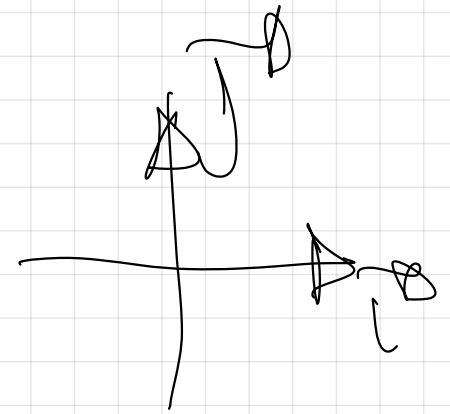
$$q_3 = -10 \mu\text{C} = -10 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

ley de Coulomb.

$$\vec{F} = -2.7 \hat{i} - 3.16 \hat{j} \text{ (N)}$$

$$|\vec{F}| = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{30 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{r^2} = 2.7 \text{ N}$$

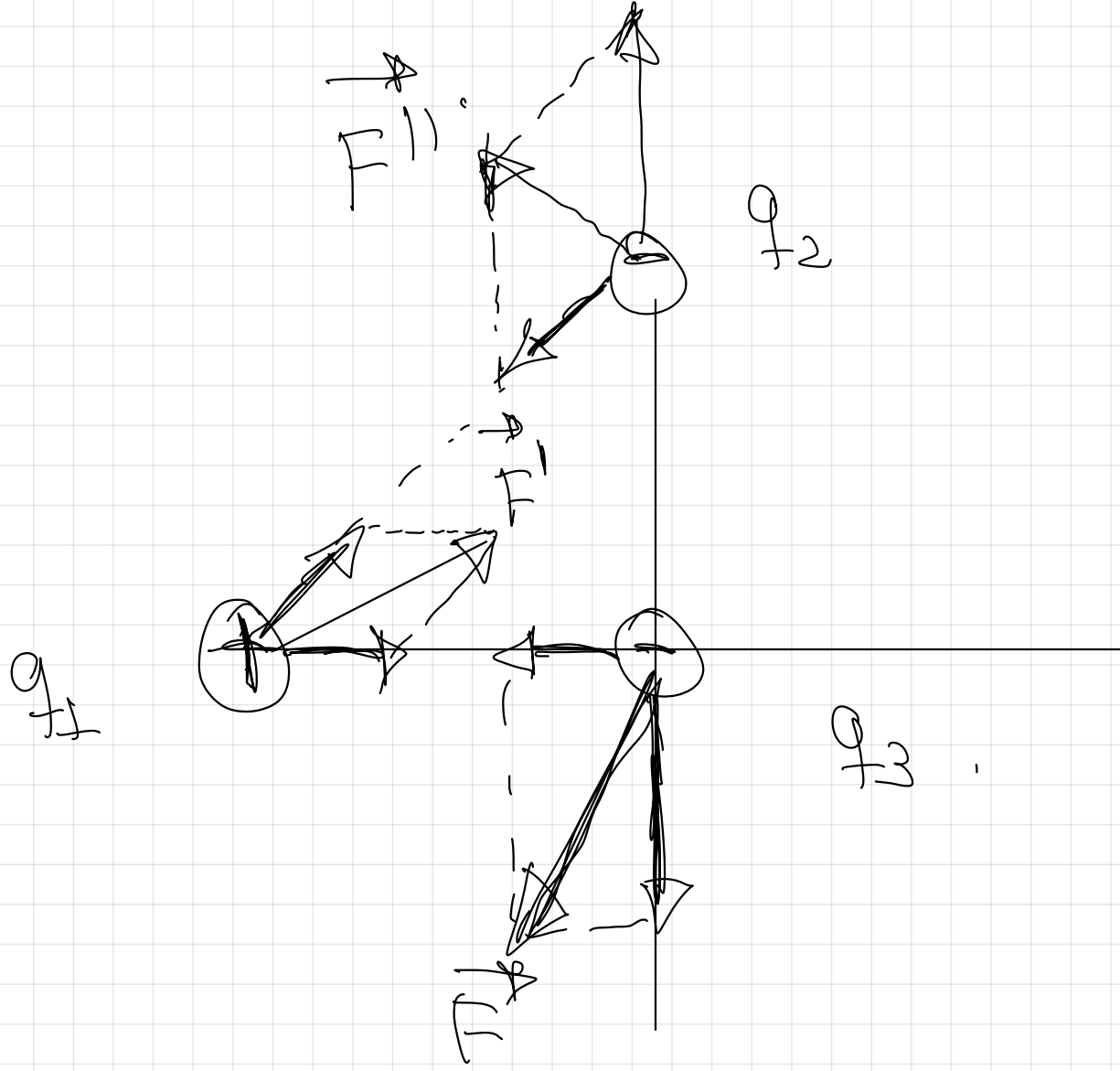
$$\vec{F} = 2.7 \hat{i} \text{ (N)}$$



$$|\vec{F}_2| = k \cdot \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{1^2} = 3.6 \text{ N}$$

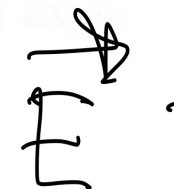
$$\vec{F} = -3.6 \vec{j}^* (\text{N})$$

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = -2.7 \vec{i}^* - 3.6 \vec{j}^* (\text{N})$$

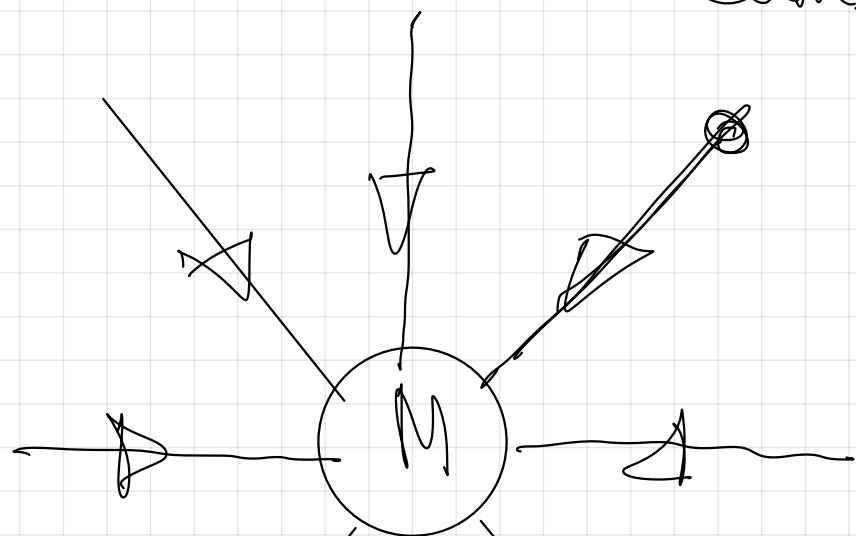


$$\mathbf{r} = \sum \mathbf{r}_i$$

4.- EL CAMPO ELÉCTRICO. INTENSIDAD DEL CAMPO ELÉCTRICO



líneas de campo.

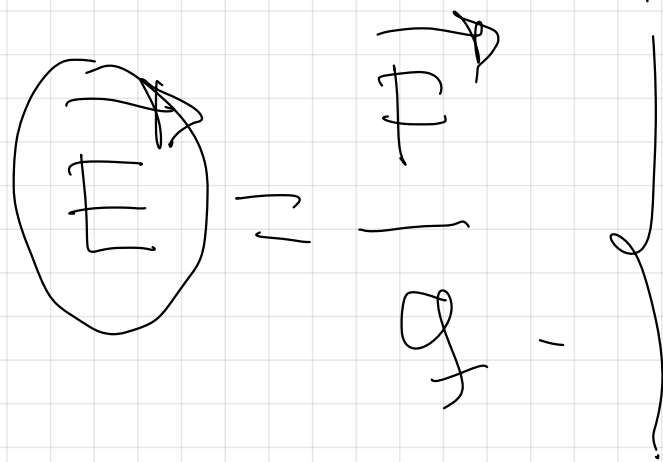
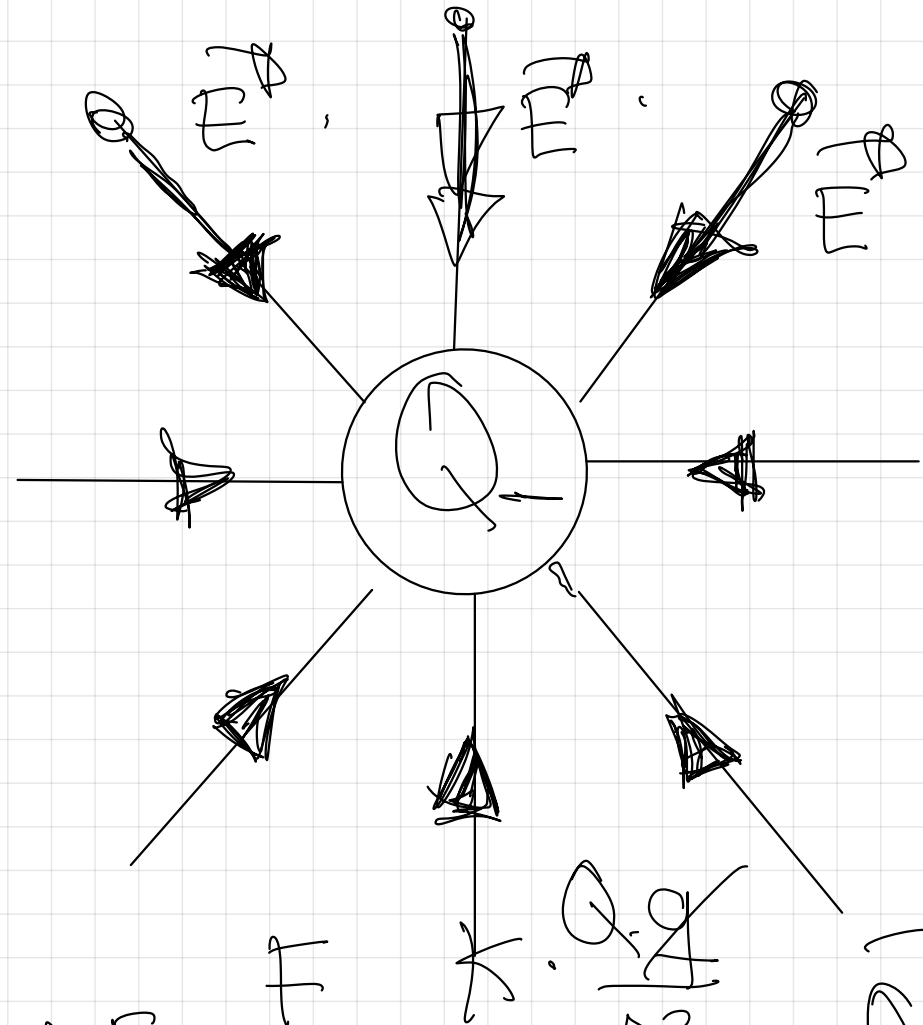
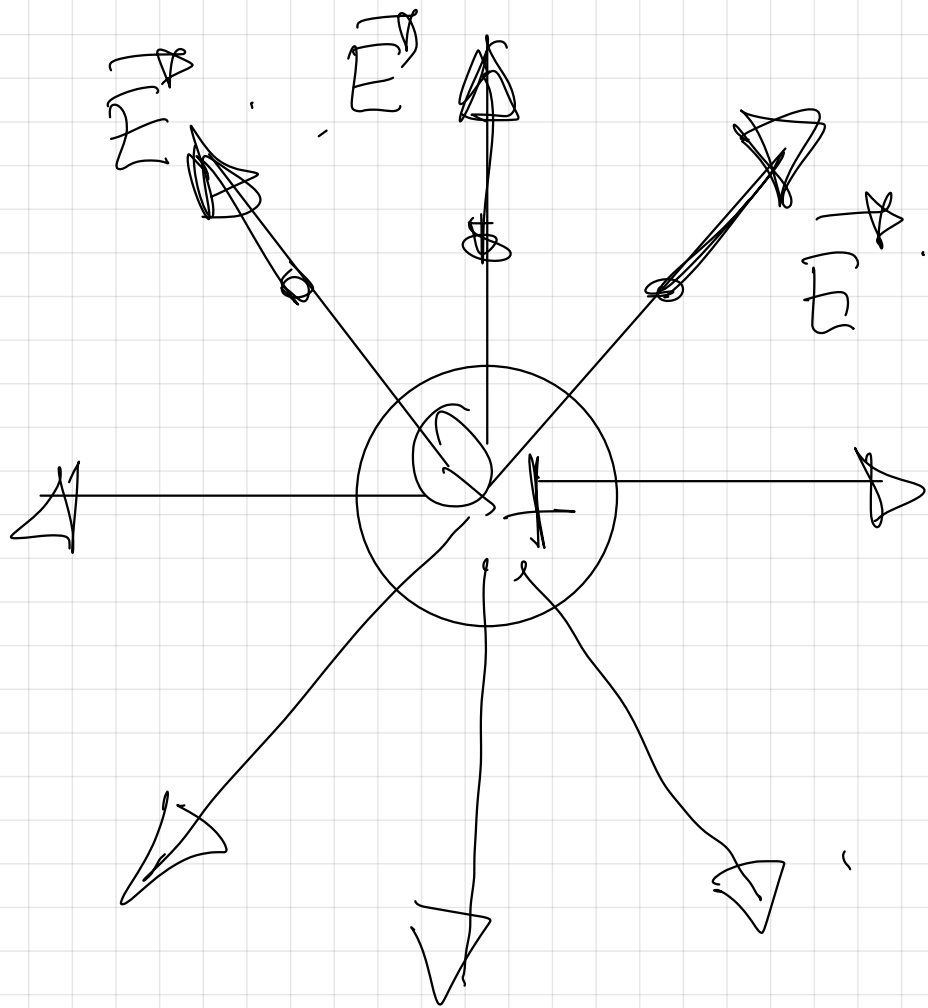


líneas de campo
elect.

hipotéticas trayectorias
que equivaldría una
carga positiva

abandonado en reposo
en el campo.

$$F = G \frac{M}{r^2}$$

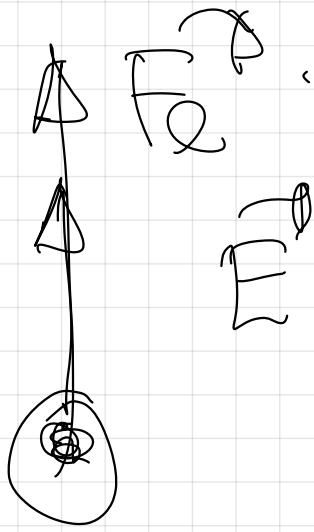


- módulo $\Rightarrow E = \frac{F}{q} \Rightarrow \frac{k \cdot Q \cdot q}{r^2}$
 - dirección $\left(\frac{N}{C} \text{ en S.I.} \right) \Rightarrow k \cdot \frac{Q}{r^2}$
 tangente en cada pto a las

líneas de campo.

- Sentido : el mismo que el
de las líneas de campo.



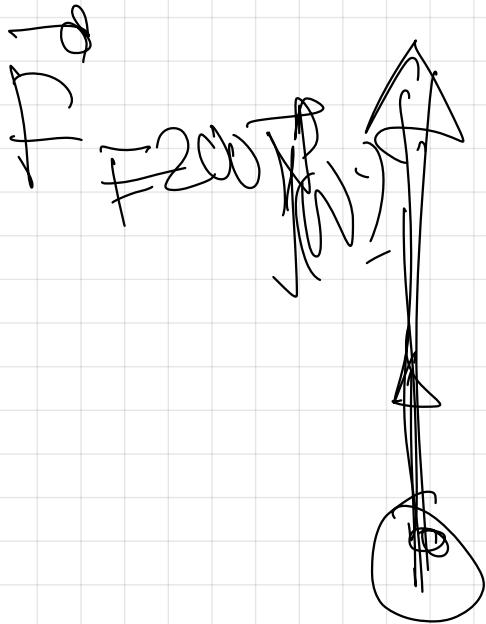


$$E = 100 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$q = +1 \text{ C}$$

$$F = q \cdot E$$



$$E = 100 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$q = +2 \text{ C}$$

$$F = 100 \text{ N}$$

$$\vec{F} = +100 \text{ N}$$

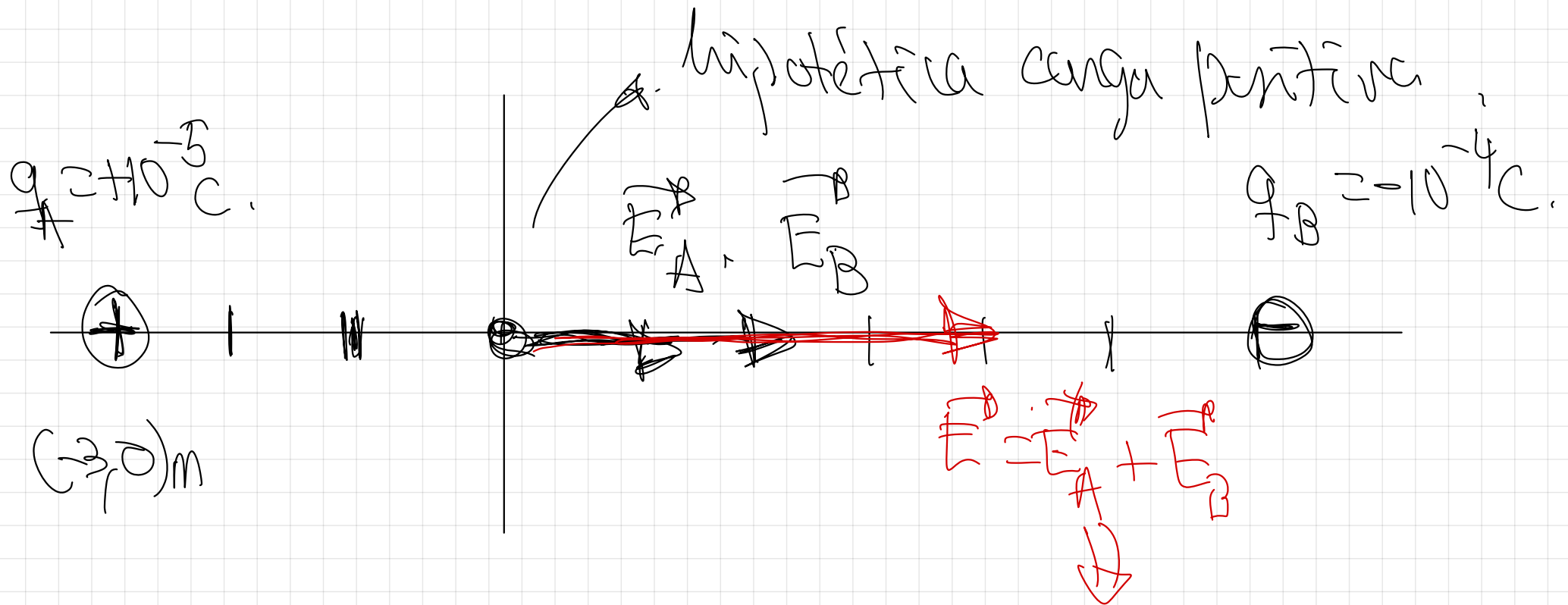
$$F = q \cdot E = 200 \text{ N}$$

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

4.- En los puntos A(-3,0) m y B(6,0) m están situadas, respectivamente, las cargas puntuales $q_A=+10^{-5} \text{ C}$ y $q_B=-10^{-4} \text{ C}$.

- Calcular $\vec{E}$, así como su modulo, en el punto (0,0) m
- Calcular la fuerza ejercida sobre una carga de $+10^{-7} \text{ C}$ si hipotéticamente estuviese situada en el punto (0,0) m
- Calcular la fuerza ejercida sobre una carga de -10^{-7} C si hipotéticamente estuviese situada en el punto (0,0) m

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



$$|\vec{E}_A| = k \cdot \frac{|q_A|}{r_A^2}$$

Principio de superposición.
 magnitud vectorial / valor absoluto (dirección y sentido después)

$$|\vec{E}_A| = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-5}}{3^2} = 10^4 \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_A = +10^4 \frac{N}{C}$$

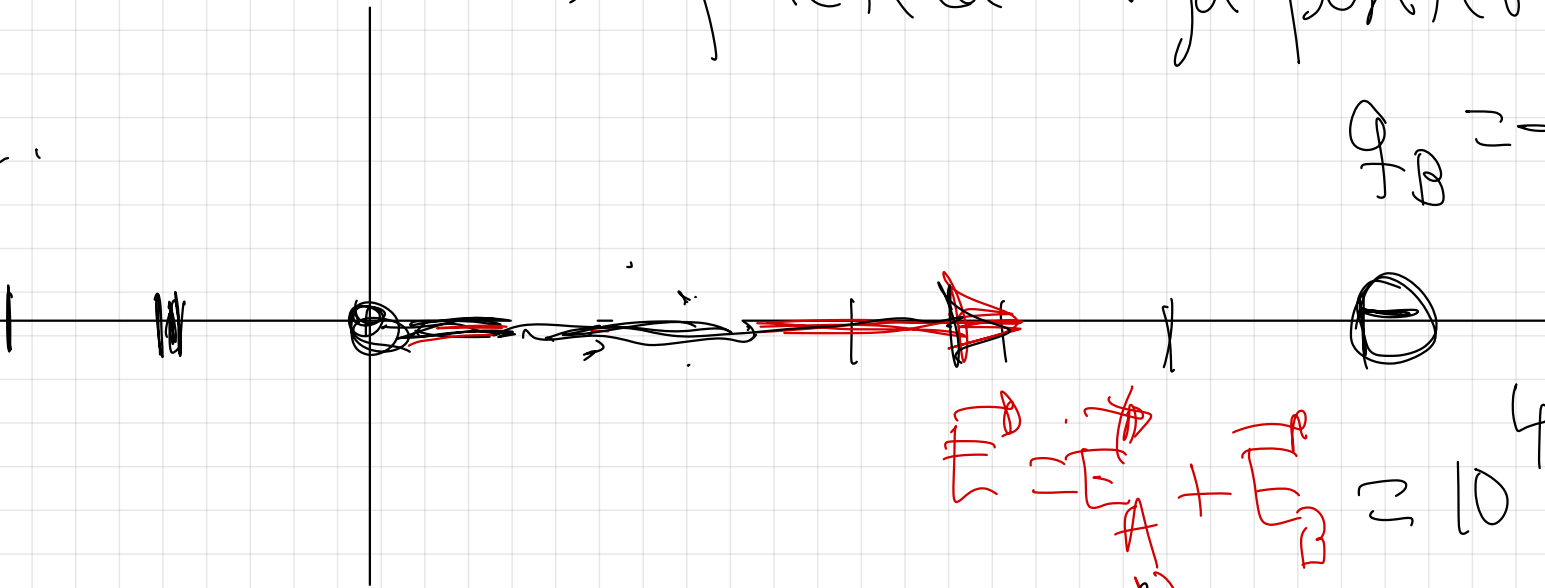
$$|\vec{E}_B| = k \cdot \frac{|q_B|}{r_B^2}$$

$$\vec{E}_B = +25 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

$$|\vec{E}_B| = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-4}}{6^2} = 25 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

hipotética carga positiva

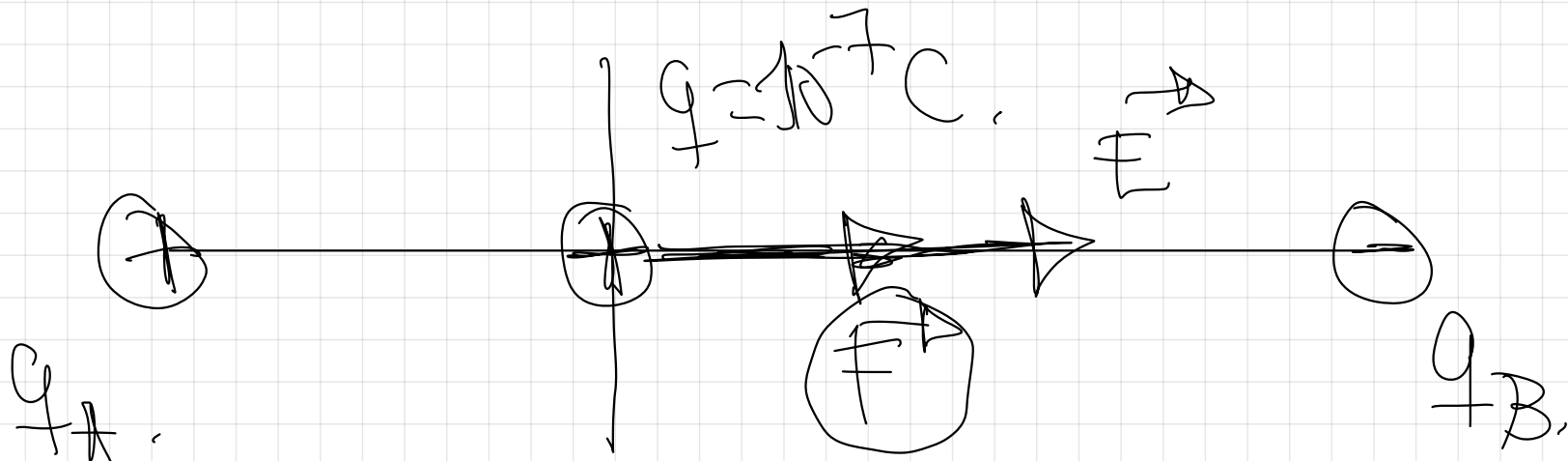
$$q_B = -10^{-4} \text{ C}$$



$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$$

$$= 10^4 + 25 \cdot 10^4 \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

$$\vec{E} = 35 \cdot 10^4 \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$



¡OJO!

magnitud vectorial
primero módulo y
después dirección
y sentido.

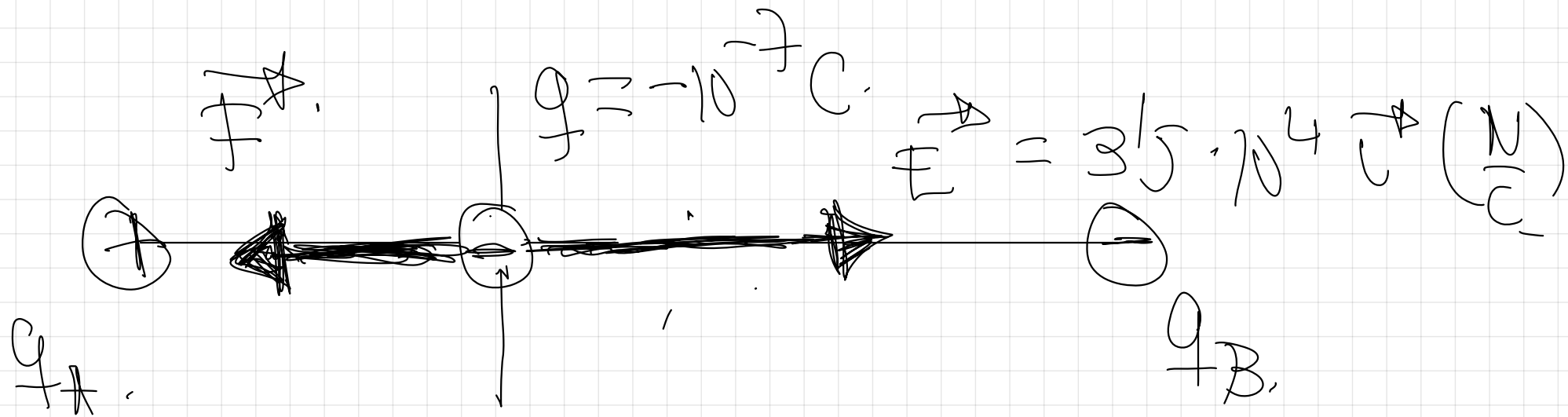
$$|\vec{F}| = (19) \cdot |\vec{E}|$$

$$|\vec{F}| = 10^{-7} \text{ C} \cdot 3.5 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}} = 3.5 \cdot 10^{-3} \text{ N}.$$

$$\vec{F} = +3.5 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

¡OJO!, las cargas positivas q

experimentan una fuerza eléctrica
en la misma dirección y en el
mismo sentido que el campo
eléctrico ($\vec{E}$).



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

$$|\vec{F}| = 10^{-7} \text{ C} \cdot 315 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}} = \underline{315 \cdot 10^3 \text{ N}}$$

$$\vec{F} = -315 \cdot 10^3 \vec{e}_D \text{ (N)}$$

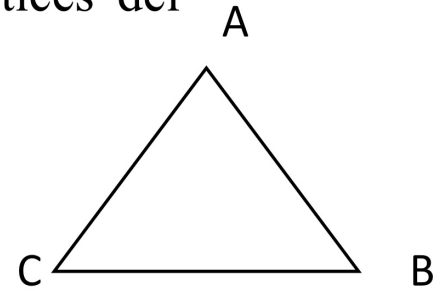
¡OJO! Las cargas negativas experimentan una fuerza en la misma dirección

pero en sentido contrario al campo
eléctrico $\vec{E}$.

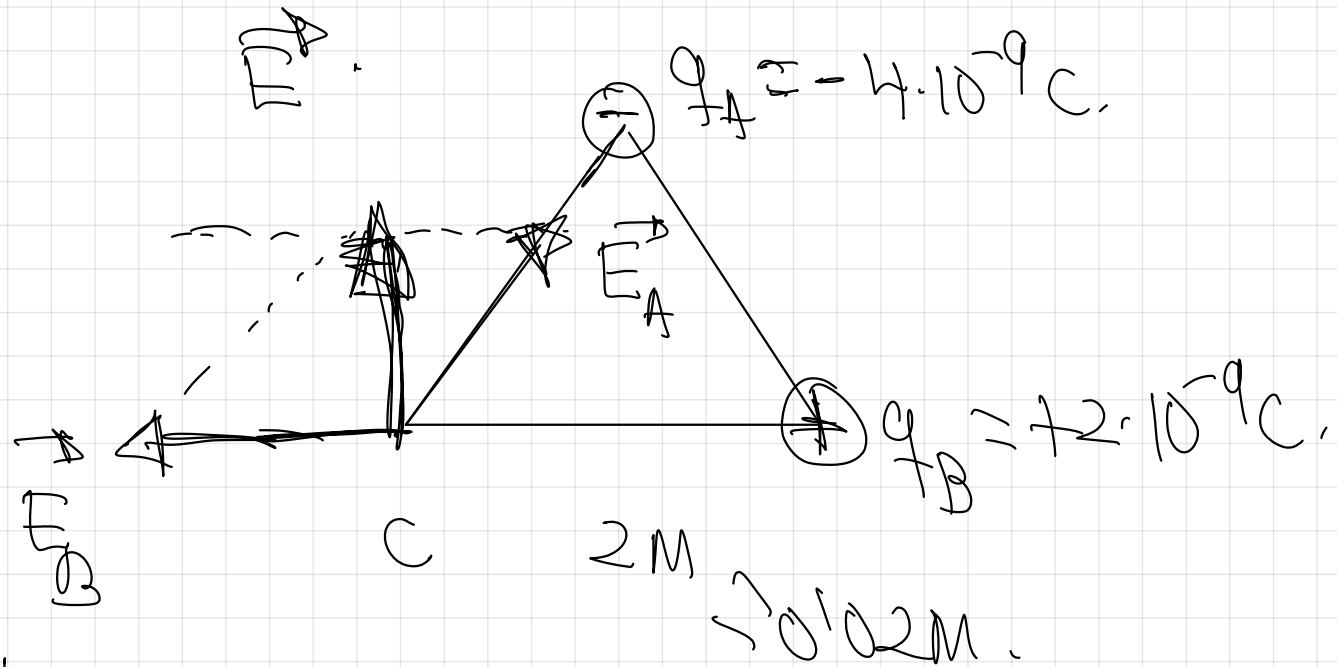
5.- Las cargas $q_A = -4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ y $q_B = +2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ están situadas en los vértices del triángulo equilátero de la figura, el cual posee 2 cm de lado

- Calcular el valor del campo eléctrico en el vértice C de dicho triángulo
- ¿Qué fuerza se ejercería sobre una carga de $1 \mu\text{C}$ si ésta se situase en C?
- ¿Qué fuerza se ejercería sobre una carga de $-2 \mu\text{C}$ si ésta se situase en C?

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



¡Ojo! en magnitudes vectoriales primero el módulo.

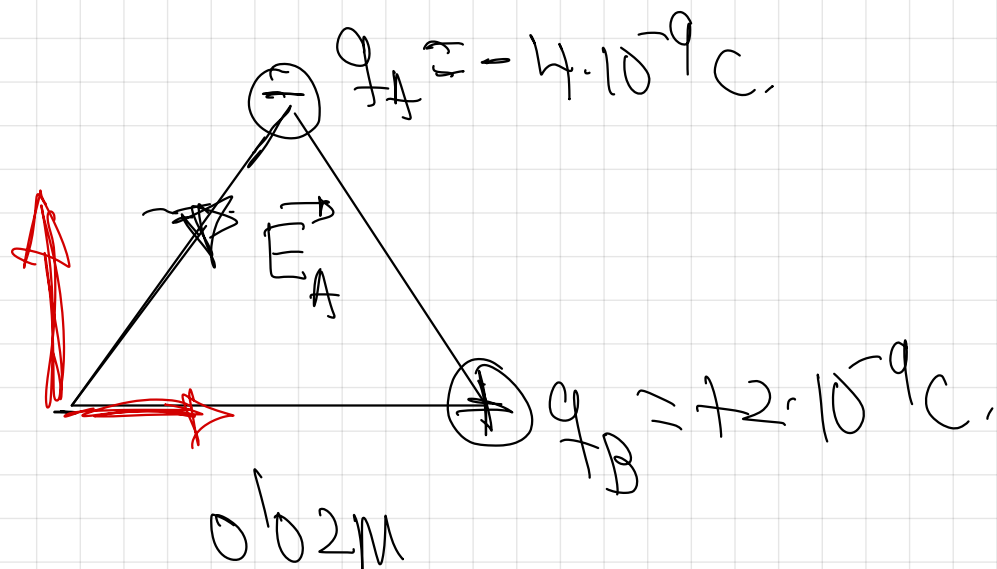


$$|E_B| = K \cdot \frac{|q_B|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-9}}{(0.02)^2} = 4.5 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



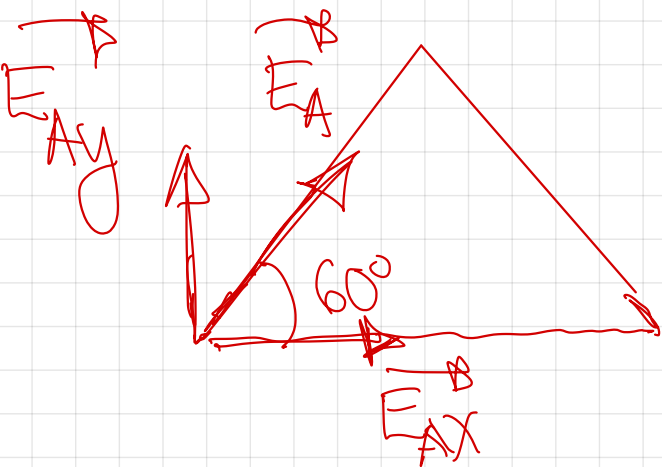
Después asigno dirección y sentido

$$\vec{E}_B = -4.5 \cdot 10^4 \hat{r} \left(\frac{N}{C} \right)$$



$$|\vec{E}_A| = k \cdot \frac{|q_A|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-9}}{(0.2)^2}$$

$$|\vec{E}_A| = 9 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$



Descompongo

$$\cos 60^\circ = \frac{|\vec{E}_{Ay}|}{|\vec{E}_A|} \Rightarrow |\vec{E}_{Ay}| = |\vec{E}_A| \cdot \cos 60^\circ$$

$$|\vec{E}_{Ay}| = 9 \cdot 10^4 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 7.8 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_{Ay} = +7.8 \cdot 10^4 \vec{e}_y \left(\frac{N}{C} \right)$$

$$\cos 60^\circ = \frac{|\vec{E}_{Ax}|}{|\vec{E}_A|} \Rightarrow |\vec{E}_{Ax}| = |\vec{E}_A| \cdot \cos 60^\circ$$

$$|\vec{E}_{Ax}| = 9 \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{2} = 4.5 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

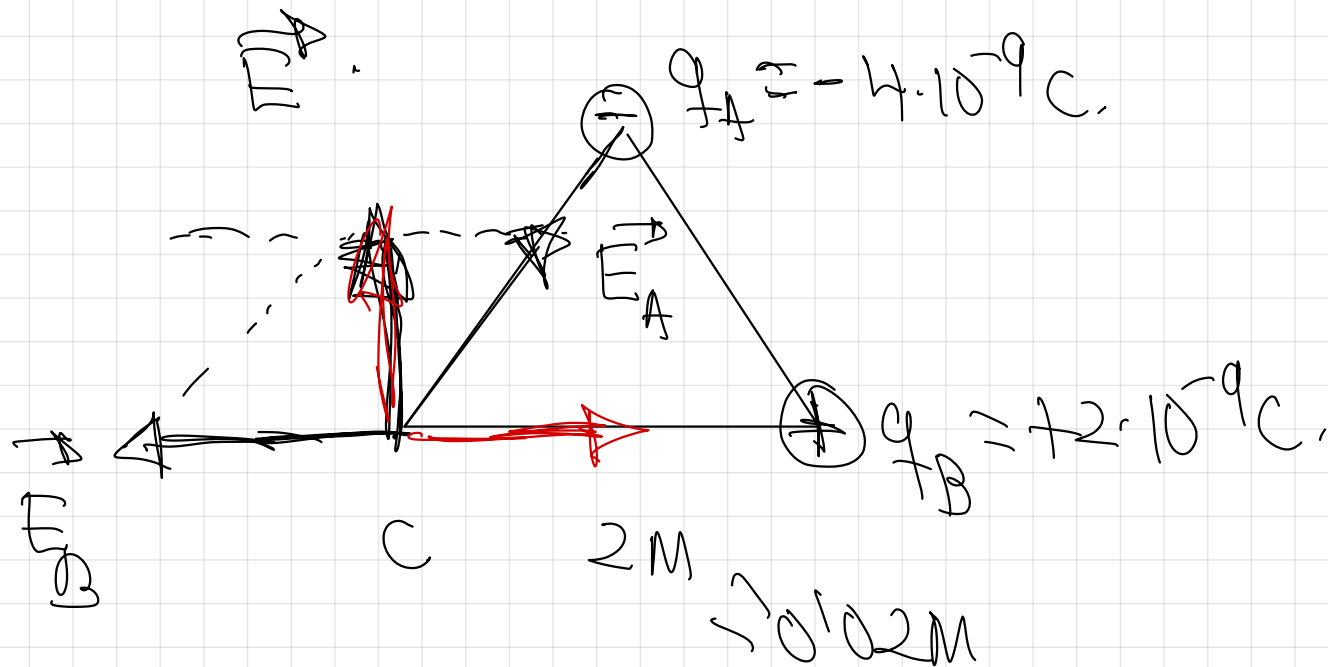
$$\vec{E}_{Ax} = +4.5 \cdot 10^4 \vec{e}_x \left(\frac{N}{C} \right)$$

$$\boxed{\vec{E}_A = +4.5 \cdot 10^4 \vec{e}_x + 7.8 \cdot 10^4 \vec{e}_y \left(\frac{N}{C} \right)}$$

$\vec{E}_B = -4.5 \cdot 10^4 \vec{e}_x \left(\frac{N}{C} \right)$

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B = 45 \cdot 10^4 \vec{e}_x + 78 \cdot 10^4 \vec{e}_y - 45 \cdot 10^4 \vec{e}_x$$

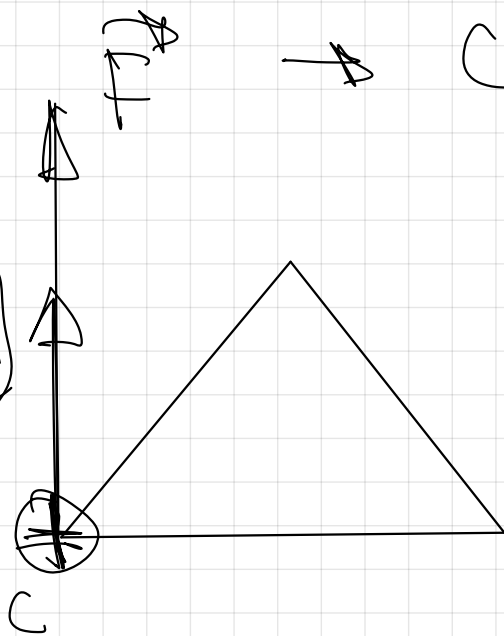
$$\vec{E} = +78 \cdot 10^4 \vec{e}_y \left(\frac{N}{C} \right)$$



$$\vec{E} = +78 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

b)

$$q = 1 \mu C$$



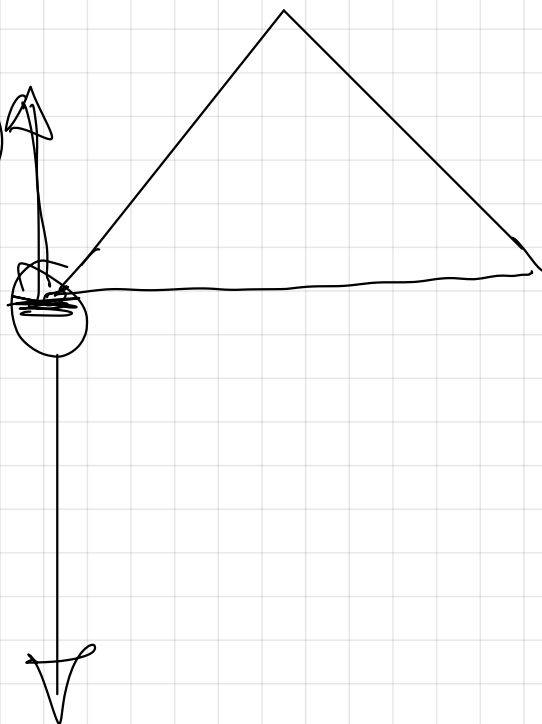
Cargas positivas experimentan una fuerza en la misma dirección y el mismo sentido que $\vec{E}$.

c)

$$\vec{E} = +78 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

$$q = 2 \mu C$$

$\vec{F}$



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

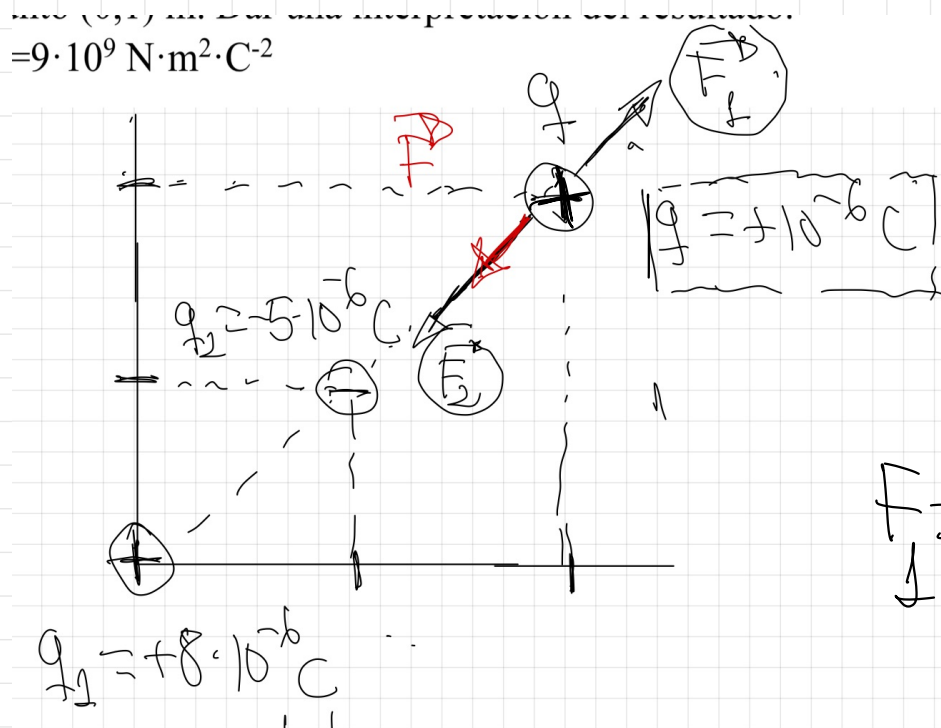
$$= 2 \cdot 10^{-6} C : 78 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

$$|\vec{F}| = 156 \cdot 10^{-2} N$$

$$\vec{F} = -156 \cdot 10^{-2} \vec{j} (N)$$

7.- Dos cargas puntuales de $8 \mu\text{C}$ y $-5 \mu\text{C}$ están situadas respectivamente en los puntos $(0,0) \text{ m}$ y $(1,1) \text{ m}$. Calcular:

a) La fuerza que actúa sobre una carga de $1 \mu\text{C}$ situada en el punto $(2,2) \text{ m}$



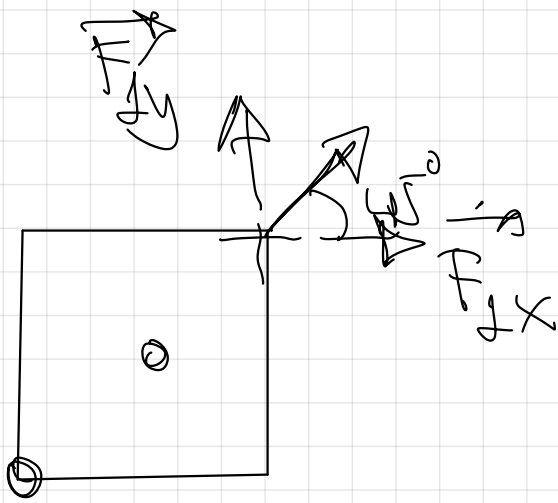
ley de Coulomb,

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

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{(\sqrt{8})^2} = 9 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Descomponer

↓

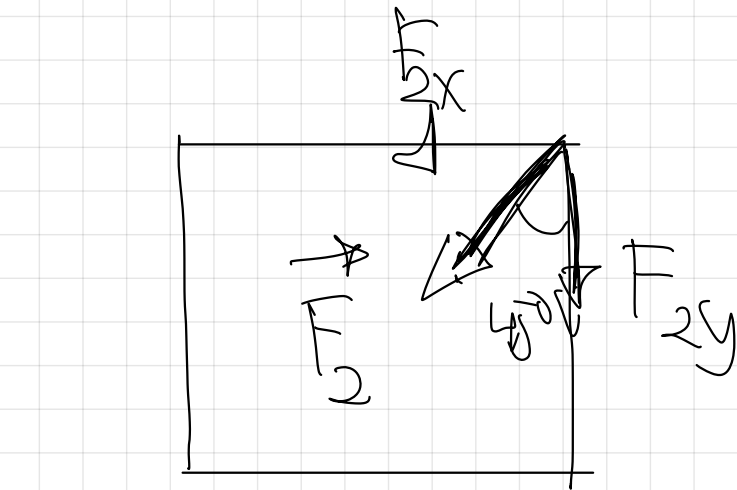
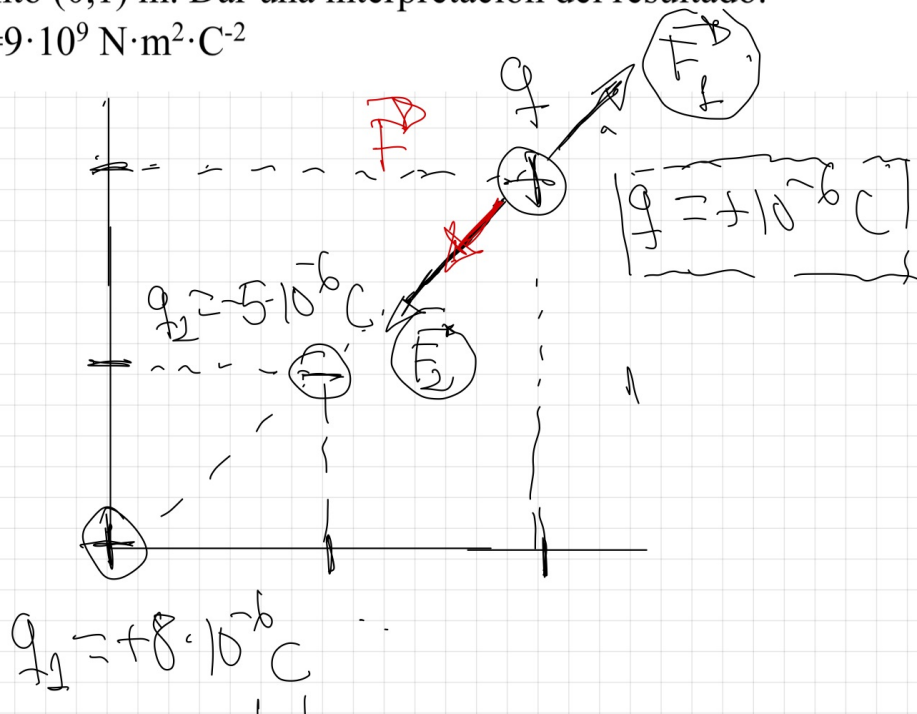


$$\sin 45^\circ = \frac{|\vec{F}_y|}{|\vec{F}|} \Rightarrow |\vec{F}_y| = |\vec{F}| \cdot \sin 45^\circ = 9 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 6.36 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$\cos 45^\circ = \frac{|\vec{F}_x|}{|\vec{F}|} \Rightarrow |\vec{F}_x| = |\vec{F}| \cdot \cos 45^\circ = 9 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 6.36 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$\vec{F} = 6.36 \cdot 10^{-3} \vec{i} + 6.36 \cdot 10^{-3} \vec{j} \quad (\text{N})$$

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



ley de Coulomb.

$$|\vec{F}_2| = k \cdot \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{r^2}$$

$$= 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-6}}{(\sqrt{2}/2)^2} = 2,25 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

Descompongo.

$$\sin 45^\circ = \frac{|\vec{F}_{2y}|}{|\vec{F}_2|} \Rightarrow |\vec{F}_{2y}| = |\vec{F}_2| \cdot \sin 45^\circ = 2,25 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$|\vec{F}_{2y}| = 1,59 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

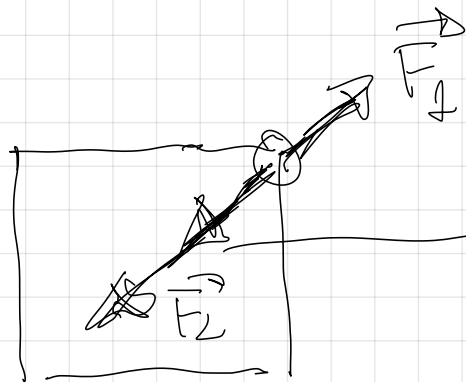
$$\cos 45^\circ = \frac{|\vec{F}_{2x}|}{|\vec{F}_2|} \Rightarrow |\vec{F}_{2x}| = 1,59 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

$$\vec{F}_2 = -1,59 \cdot 10^{-2} \vec{i} - 1,59 \cdot 10^{-2} \vec{j} \text{ (N)}$$

~~$$\vec{F}_2 = -1,59 \cdot 10^{-2} \vec{i} - 1,59 \cdot 10^{-2} \vec{j} \text{ (N)}$$~~

$$\vec{F}_2 = 4,36 \cdot 10^{-3} \vec{i} + 6,36 \cdot 10^{-3} \vec{j} \text{ (N)}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \Rightarrow \text{Princípio de superposição}$$

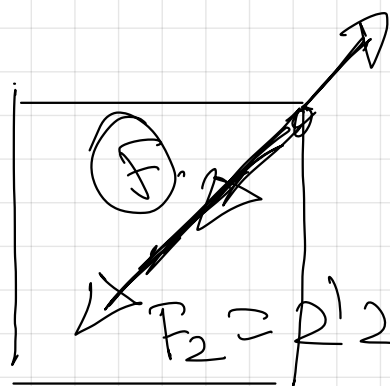


$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$\vec{F} = -9/9 \cdot 10^{-3} \vec{e}_1 - 9/9 \cdot 10^{-3} \vec{e}_2 \quad (\text{CN})$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{x^2 + y^2} = 135 \cdot 10^{-2} \text{ N.}$$

$$F_1 = 9 \cdot 10^{-3} \text{ N.}$$



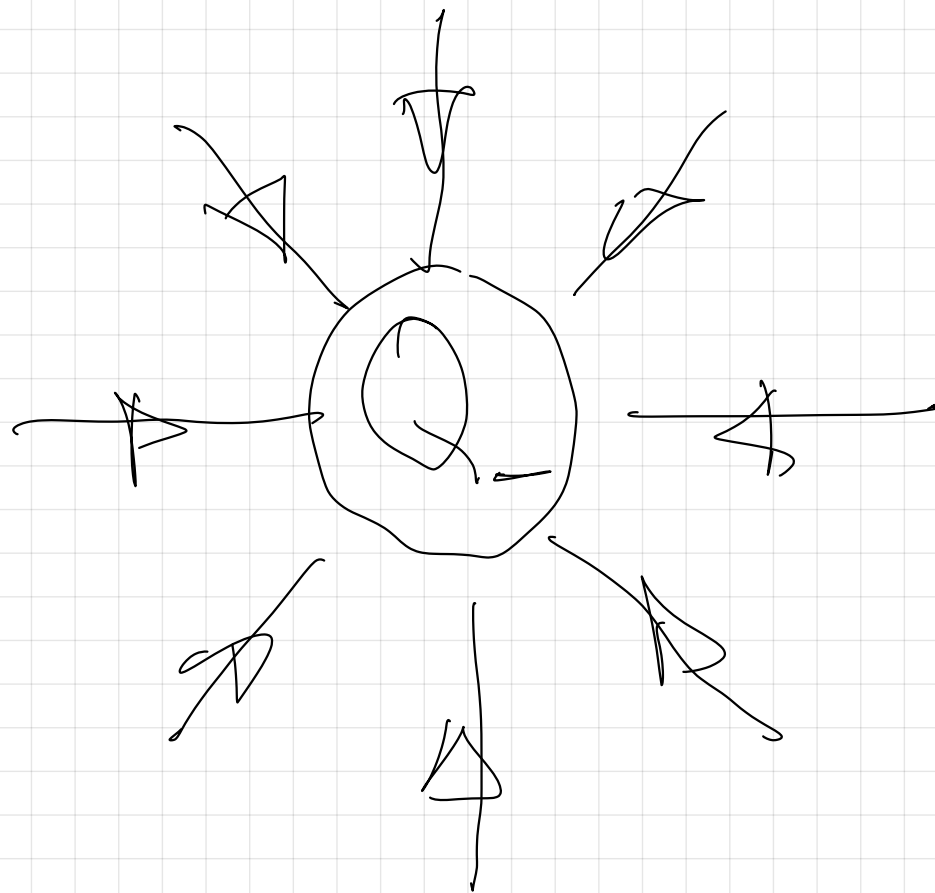
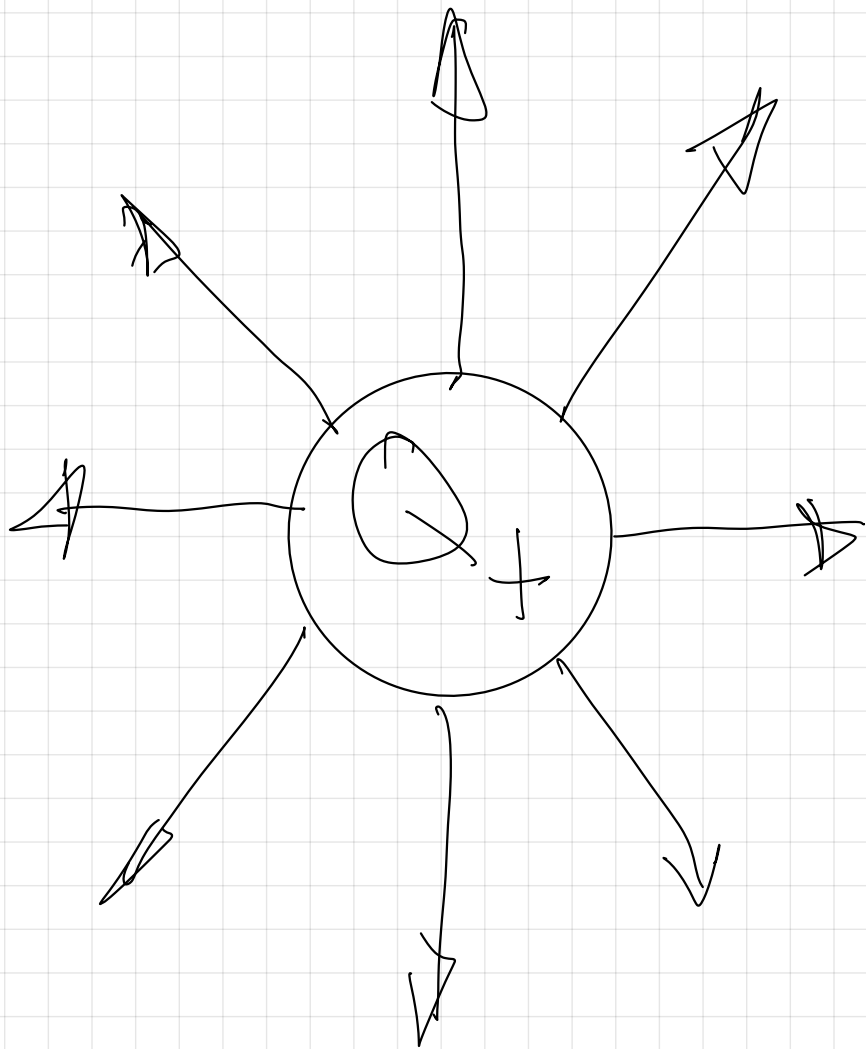
$$F_2 = 2125 \cdot 10^{-2} \text{ N.}$$

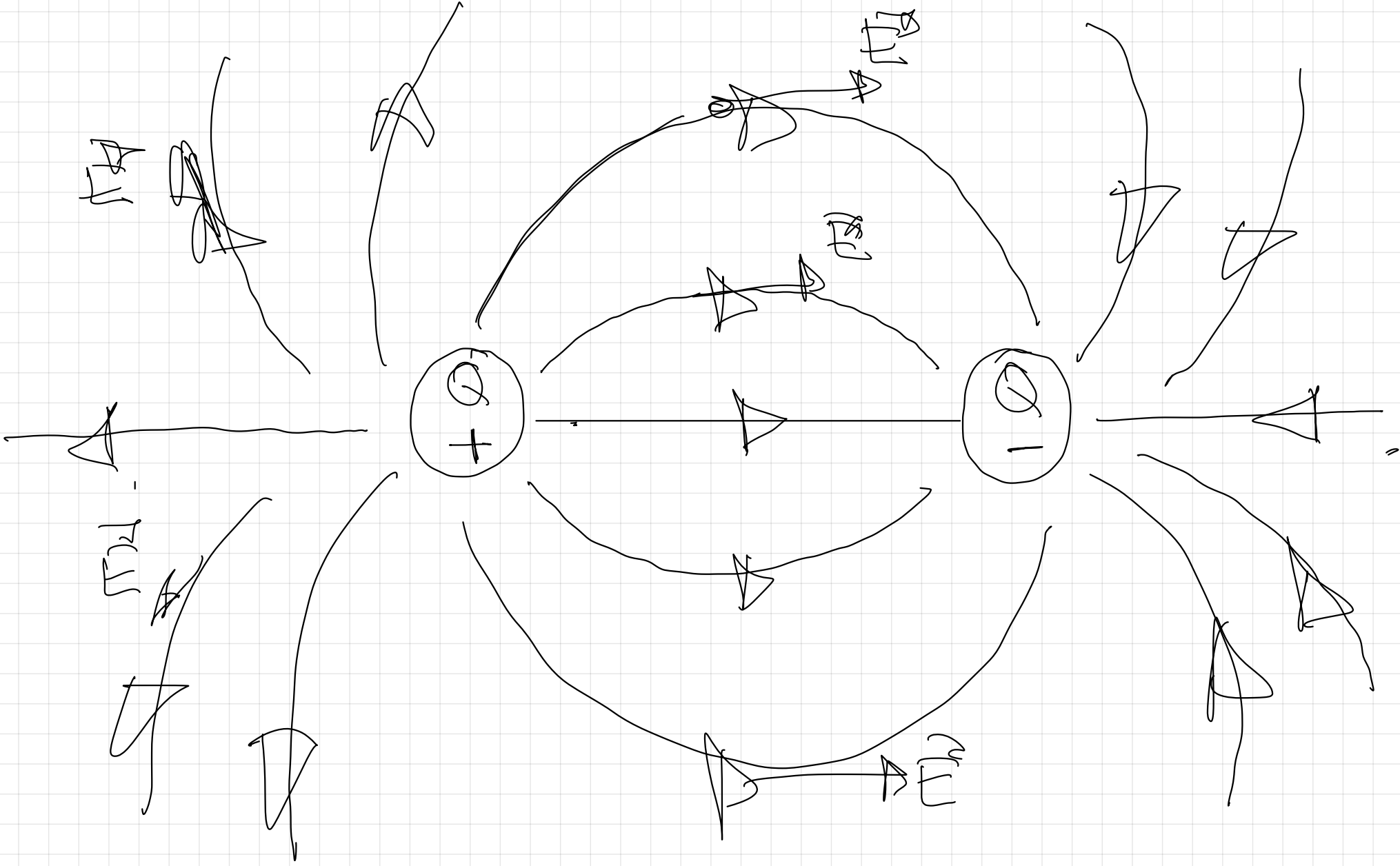
$$|\vec{F}| = |\vec{F}_2| - |\vec{F}_1|$$

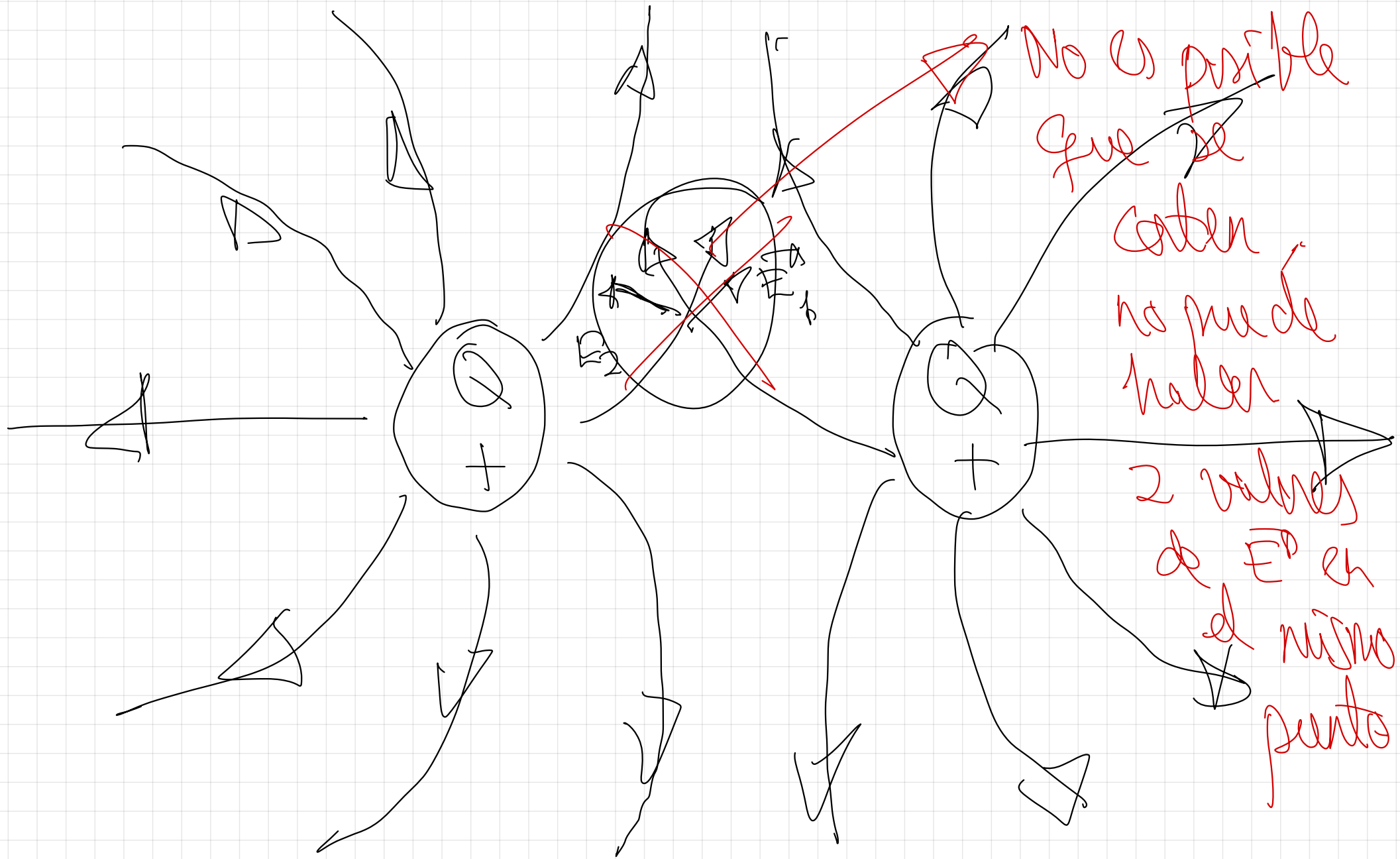
$$|\vec{F}| = 2125 \cdot 10^{-2} - 9 \cdot 10^{-3}$$

$$|\vec{F}| = 135 \cdot 10^{-2} \text{ N.}$$

Linhas de campo (pag 43)







MAGNITUDES ESCALARES

E_p gravitatoria.

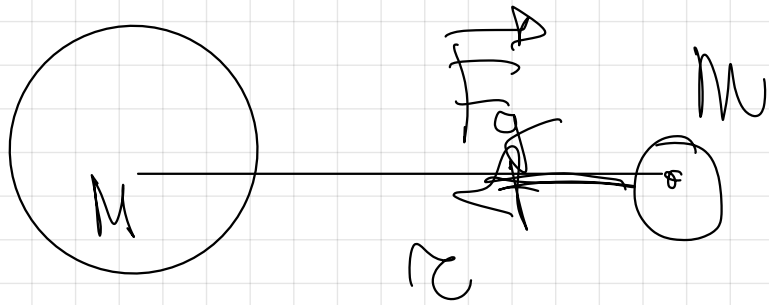
E_p eléctrica.

$$E_p = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r} \quad (\text{J en SI})$$

$$E_p = K \cdot \frac{Q \cdot q}{r} \quad (\text{J en SI})$$

¡OJO!

en las magnitudes escalares
del campo eléctrico se sustituye
cada carga con su signo

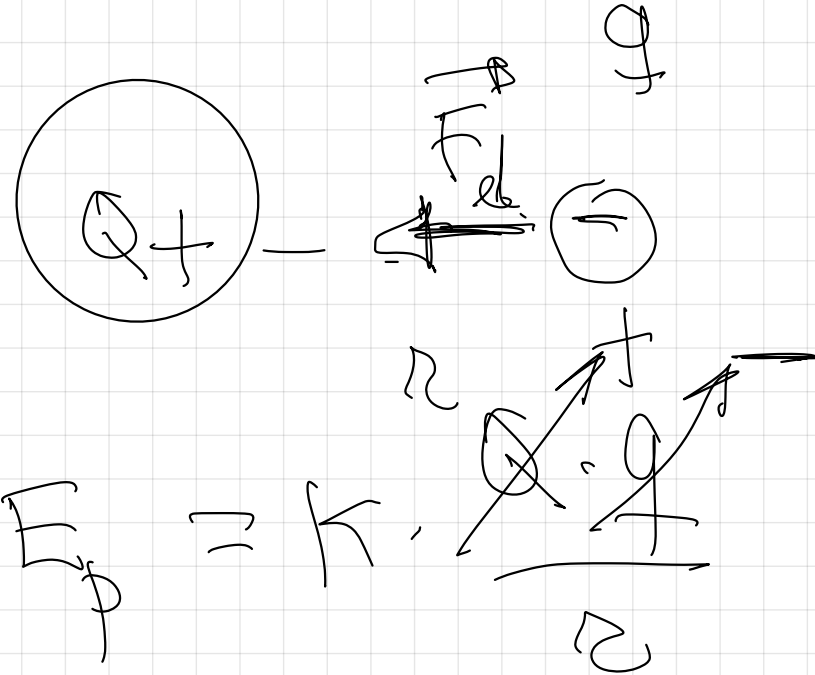


$$F_g = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

Potencial gravitatorio

$$V = \frac{F_p}{m} = -G \frac{M \cdot \cancel{m}}{r^2} = -G \frac{M}{r^2}$$

($\frac{J}{kg}$ en S.I.)



Potencial eléctrico

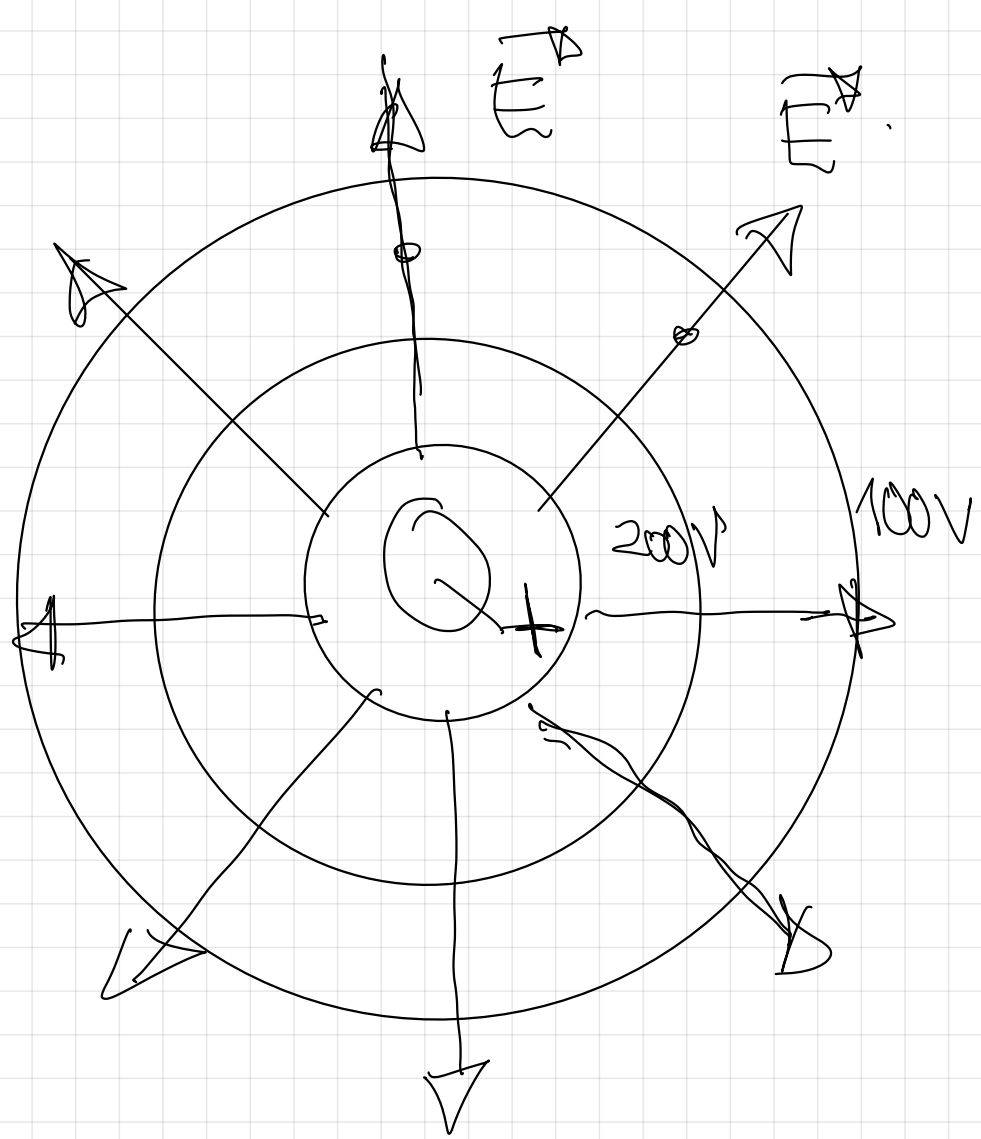
$$V = \frac{F_p}{q} = \frac{K \frac{Q \cdot \cancel{q}}{r^2}}{q} = K \frac{Q}{r^2}$$

($\frac{J}{C} = \text{voltio}$)

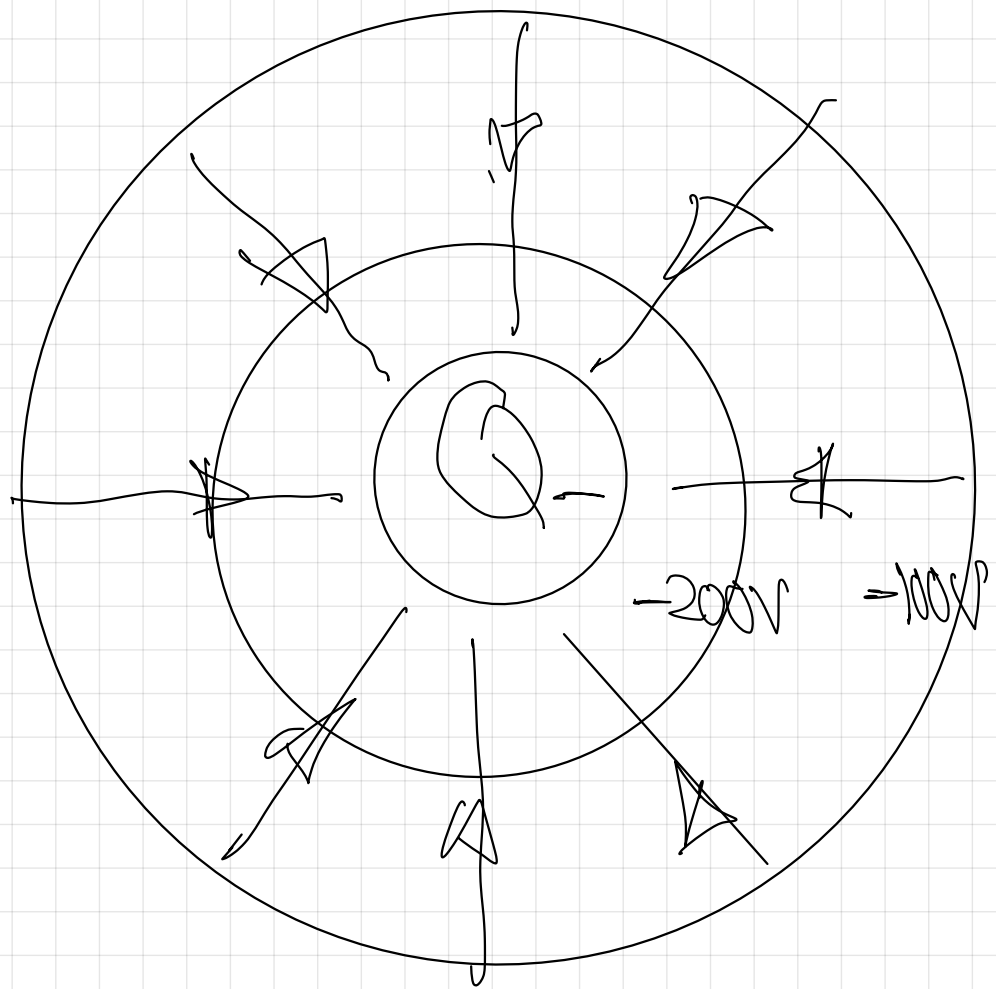
$$E_p = m \cdot v$$

$$E_p = q \cdot v$$

¡OJO! En las magnitudes escalares
como el potencial eléctrico v , cada
carga va con su signo



$$V = K \cdot \frac{Q^+}{r} \quad \left(\frac{J}{C} = V \right)$$



$$V = K \cdot \frac{Q^-}{r} \quad \left(\frac{J}{C} = V \right)$$

$$\boxed{-\Delta E = W} \Rightarrow \Delta E_c.$$

$$W_{A \rightarrow B} = -\Delta E_{PA \rightarrow B}$$

$$W_{A \rightarrow B} = (E_B - E_A)$$

$$W_{A \rightarrow B} = E_{PA} - E_{PB}$$

$$W_{A \rightarrow B} = m \cdot V_A - m \cdot V_B$$

$$\boxed{-\Delta E_p = W} \Rightarrow \Delta E_c.$$

$$W_{A \rightarrow B} = -\Delta E_{PA \rightarrow B}$$

$$W_{A \rightarrow B} = (E_{PB} - E_{PA})$$

$$W_{A \rightarrow B} = E_{PA} - E_{PB}$$

$$W_{A \rightarrow B} = g \cdot V_A - g \cdot V_B$$

$$W_{A \rightarrow B} = m \cdot (V_A - V_B)$$

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

¡OJO! el trabajo también es una magnitud escalar, y cada carga va con su signo, y cada potencial con su signo también en el campo eléctrico.

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



cargas positivas
de potencial
decrecientes.

espontáneas

en orden de potenciales

$$V_A > V_B$$

cargas negativas se desplazan espontáneamente
en orden de potenciales crecientes.

$$W_{A \rightarrow B} = q_f (v_A - v_B) > 0 \quad \text{Spontaneo}$$

$$W_{A \rightarrow B} = q_f (v_A - v_B) > 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} \oplus \quad \cdot \quad \oplus \\ \boxed{v_A > v_B} \end{array} \right.$$

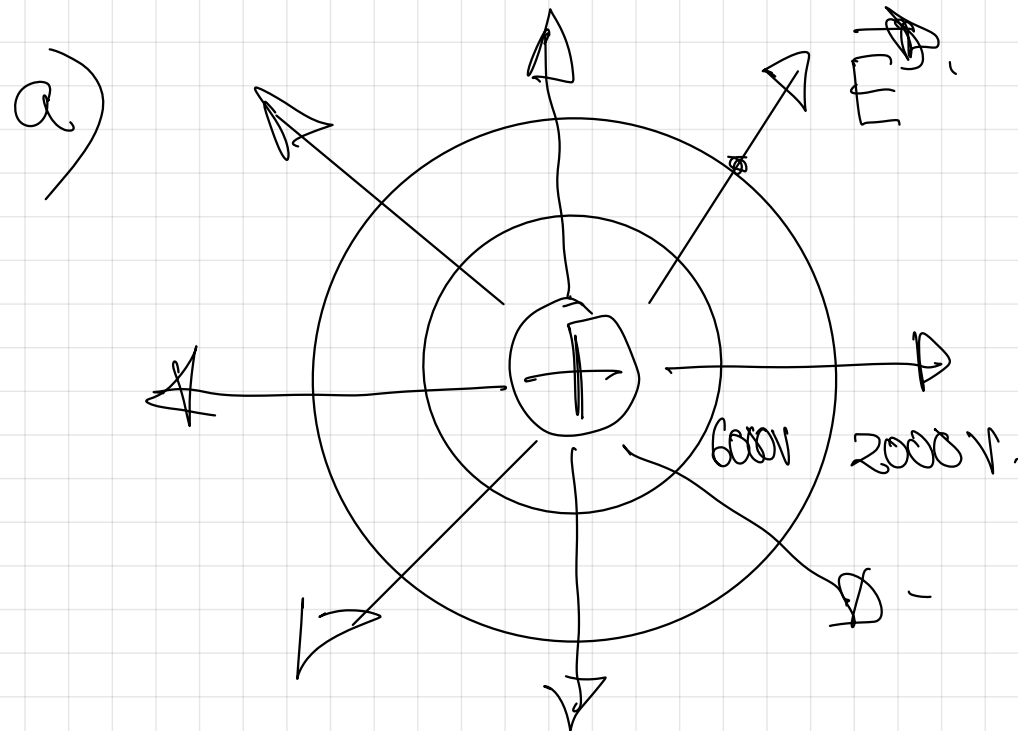
$$W_{A \rightarrow B} = q_f (v_A - v_B) > 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} \ominus \quad \cdot \quad \ominus \\ \boxed{v_A < v_B} \end{array} \right.$$

11.- Consideremos una carga de $2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

$$Q = +2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

- Realizar un esquema de las líneas de campo y de las superficies equipotenciales
- Calcular el trabajo que sería necesario para trasladar una carga de $-1,5 \cdot 10^{-3} \text{ C}$ desde la superficie equipotencial de 6000 V hasta la superficie equipotencial de 2000 V .
Comentar el resultado
- Calcular el trabajo que sería necesario para trasladar la carga del apartado anterior desde la superficie equipotencial de 2000 V hasta la superficie equipotencial de 6000 V .
Comentar el resultado.
- Calcular la separación entre ambas superficies equipotenciales
 $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

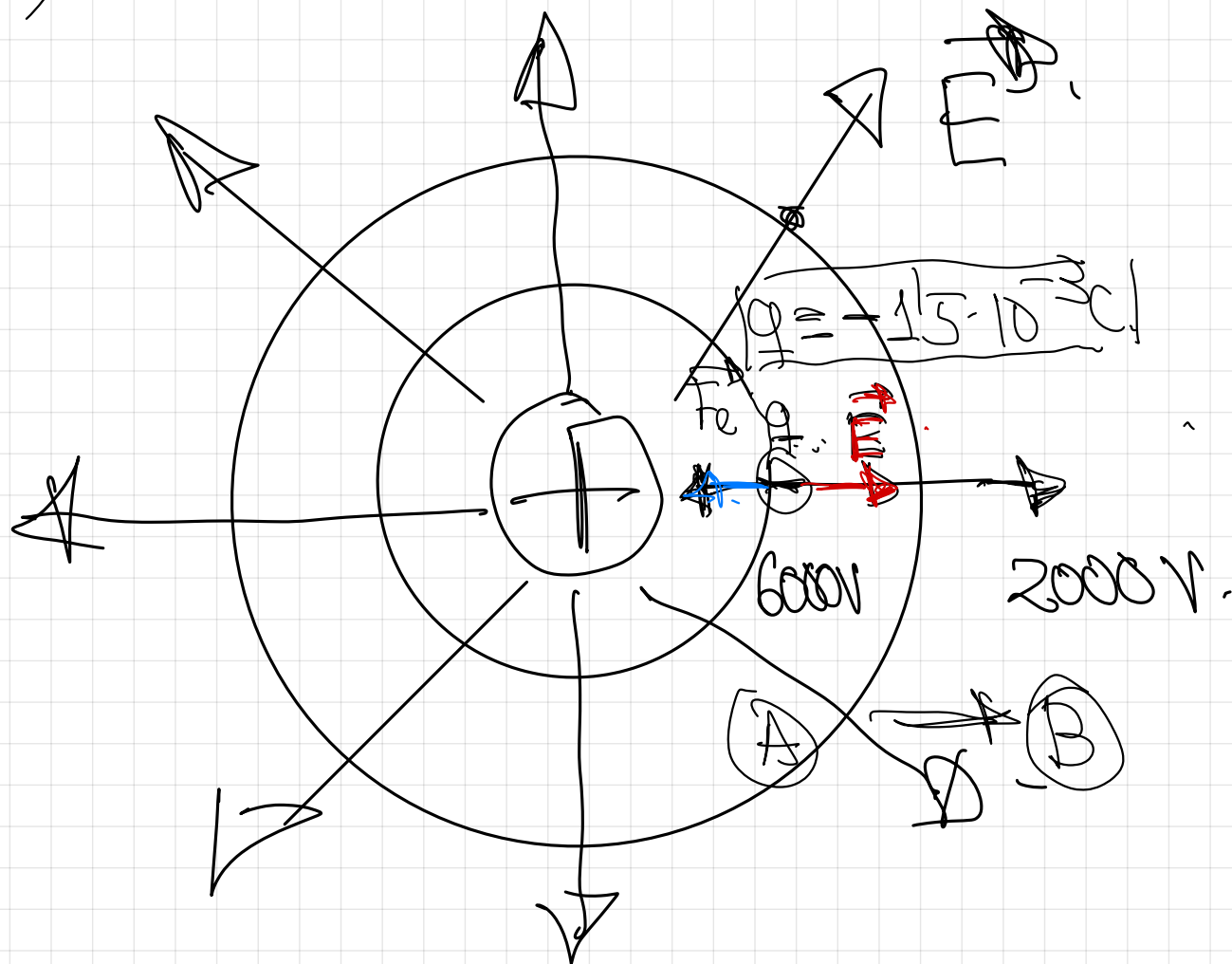
$$\boxed{\text{Pag 60}}$$



$$E_p = K \cdot \frac{Q \cdot q}{r \cdot Q}$$

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

b)



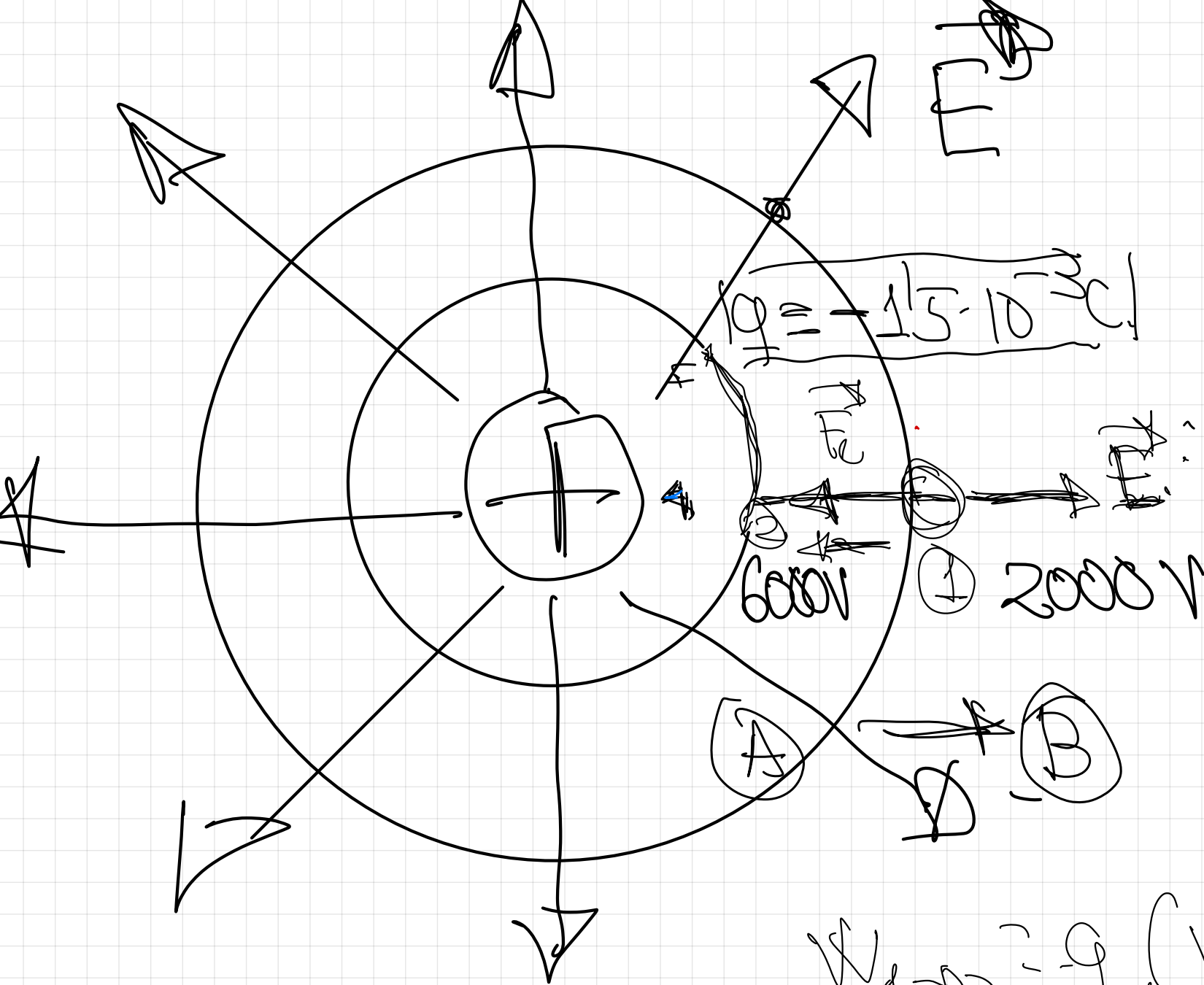
$$V = k \cdot \frac{Q}{r}$$

magnitudes escalares

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

$$W_{A \rightarrow B} = -1.5 \cdot 10^{-3} \text{ C} \cdot (6000 - 2000)$$

$$W_{A \rightarrow B} = -6 \text{ J} < 0 \Rightarrow \text{No se expartura}$$

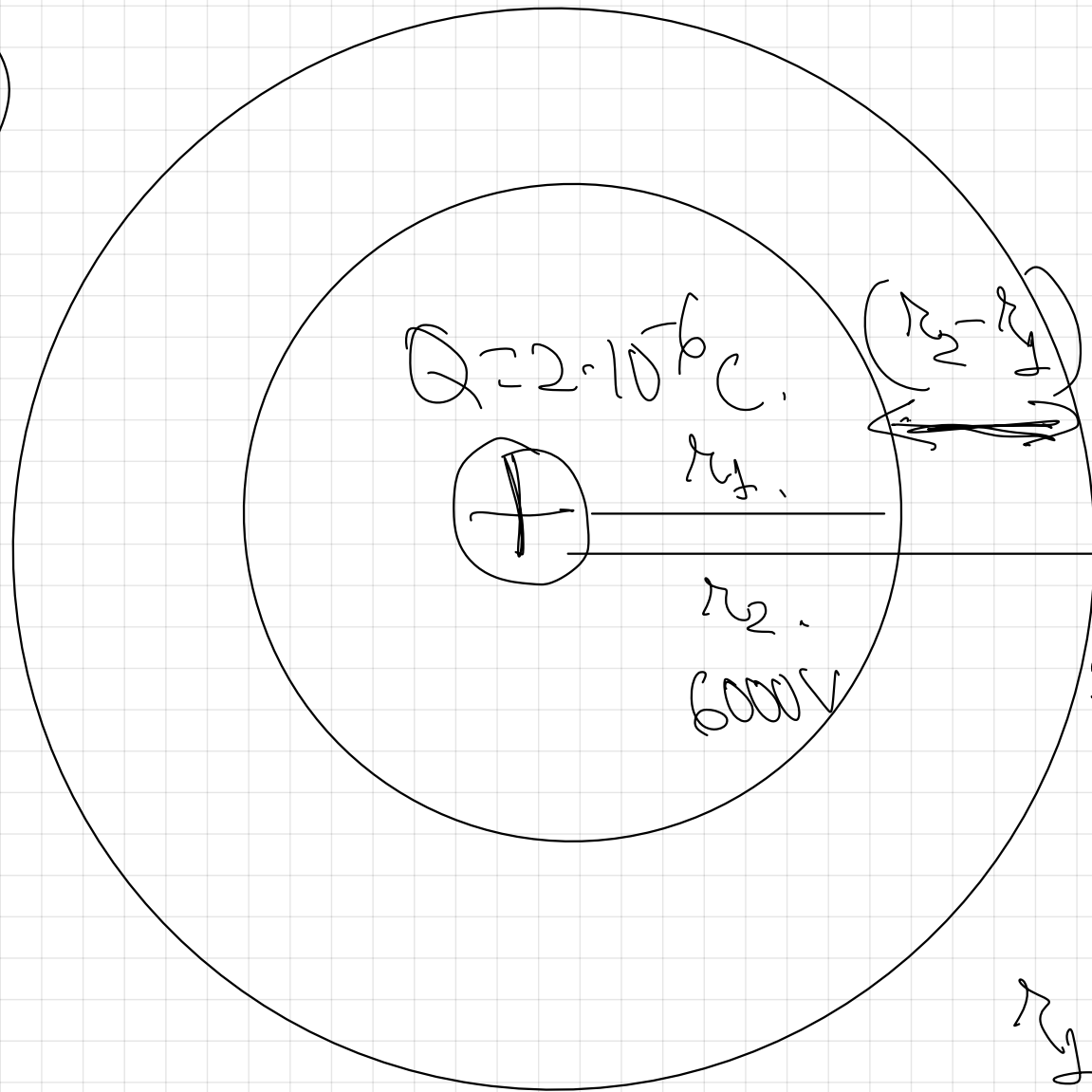


$$W_{1 \rightarrow 2} = q \cdot (V_1 - V_2)$$

$$W_{1 \rightarrow 2} = -15 \cdot 10^{-3} (2000 - 6000)$$

$$W_{1 \rightarrow 2} = 6 \text{ J} > 0 \quad \text{Spontaneous.}$$

b)



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

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



$$r_2 = \frac{K \cdot Q}{V_2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^6}{6000}$$

$$r_2 = 3 \text{ M}$$

$$z_2 = \frac{K \cdot Q}{V_2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{2000}$$

$$r_2 = 9 \text{ m}$$

$$\text{Separación } (z_2 - r_2) = 9 \text{ m} - 3 \text{ m} = \boxed{6 \text{ m}}$$

pag 60.



9.- Se tienen dos iones con carga $+e$ y $-e$ separados por una distancia de $3\text{\AA}$. Calcula:

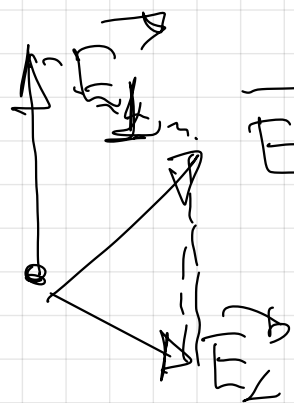
- a) La distancia del ión positivo a la que se anula el campo eléctrico.
- b) La distancia del ión positivo a la que se anula el potencial eléctrico a lo largo de la línea recta que une a los iones
- c) La energía potencial eléctrica de los dos iones

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C} \quad K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$$

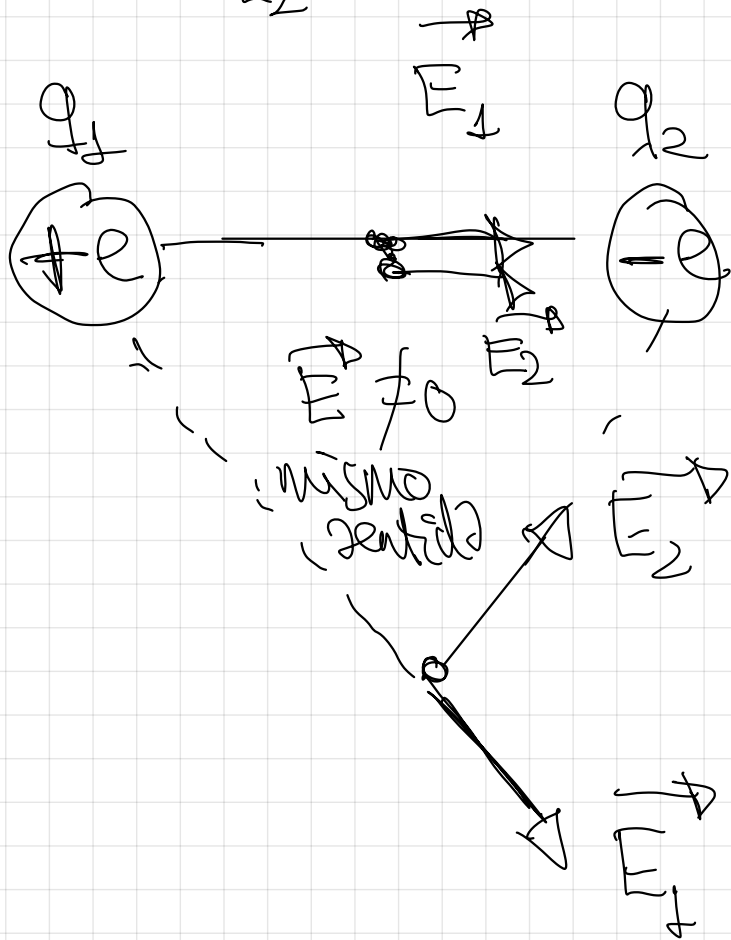
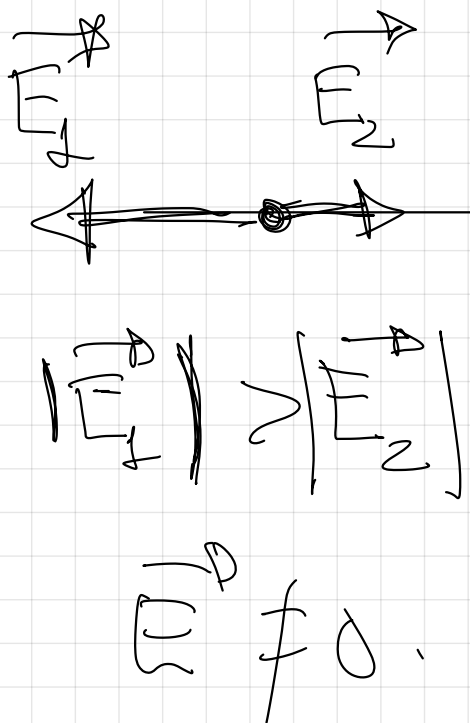
Principio de superposición



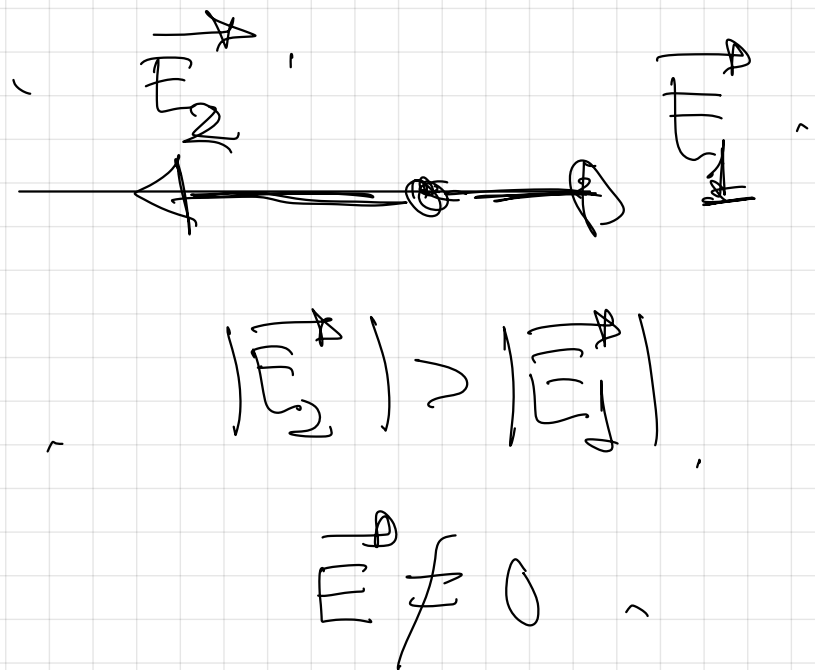
$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2}$$



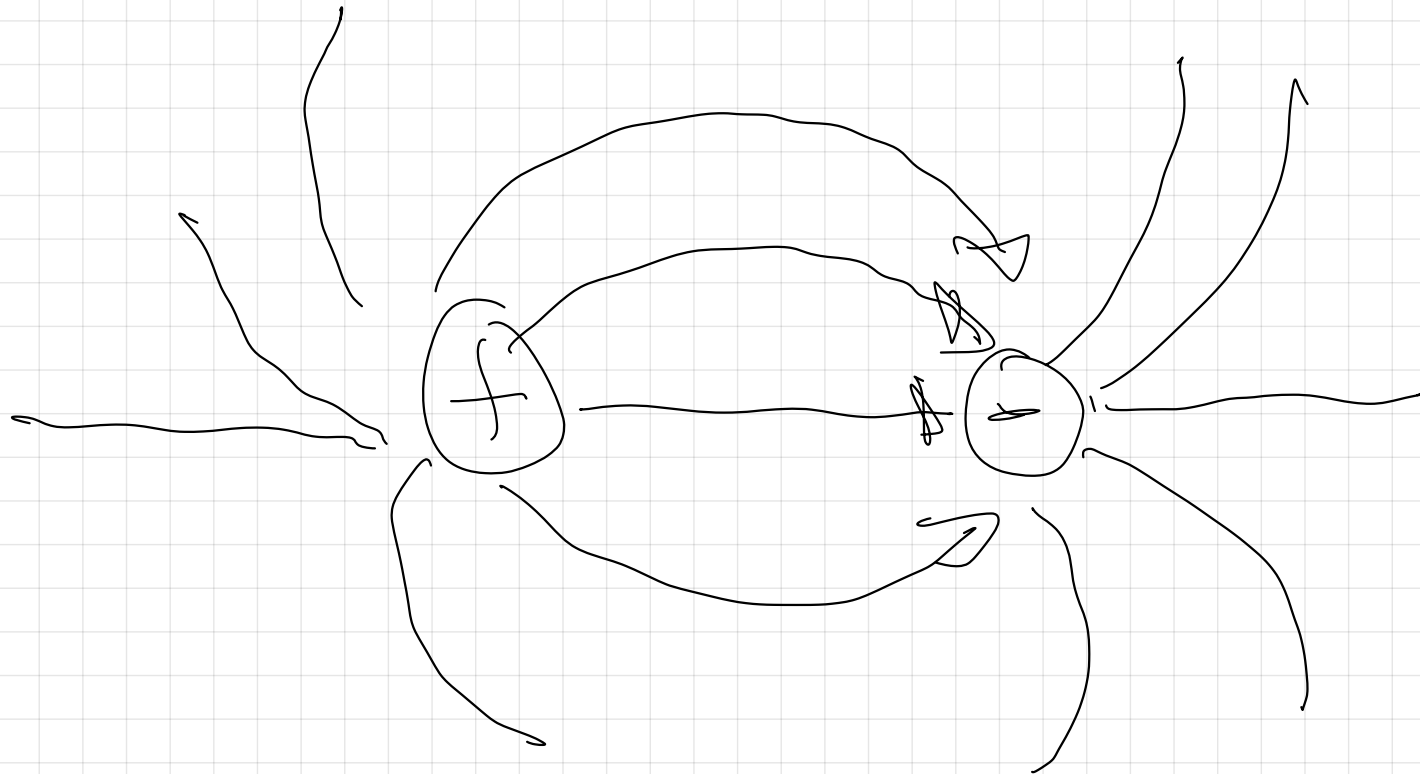
$$E = E_1 + E_2 \neq 0 \quad (\text{distinta direcção})$$



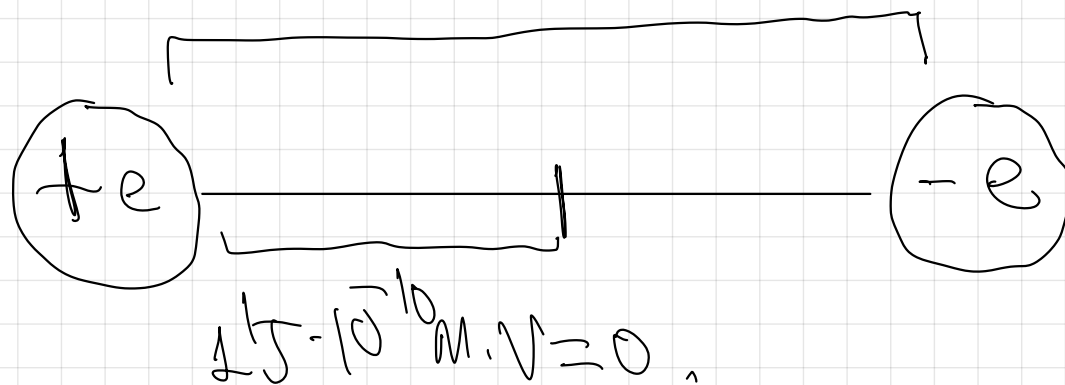
mesmo sentido



Salvo en el ∞ en donde E^A es cero
por definición, no se anulará en
ningún punto del espacio que rodea
a las cargas.



$$d = 3 \cdot 10^{-10} \text{ m.}$$



$$V = V_1 + V_2$$

$$V = K \cdot \frac{+e}{d/2} + K \cdot \frac{-e}{d/2} = 0.$$

$\nabla \phi \propto$ podria ser nul·la

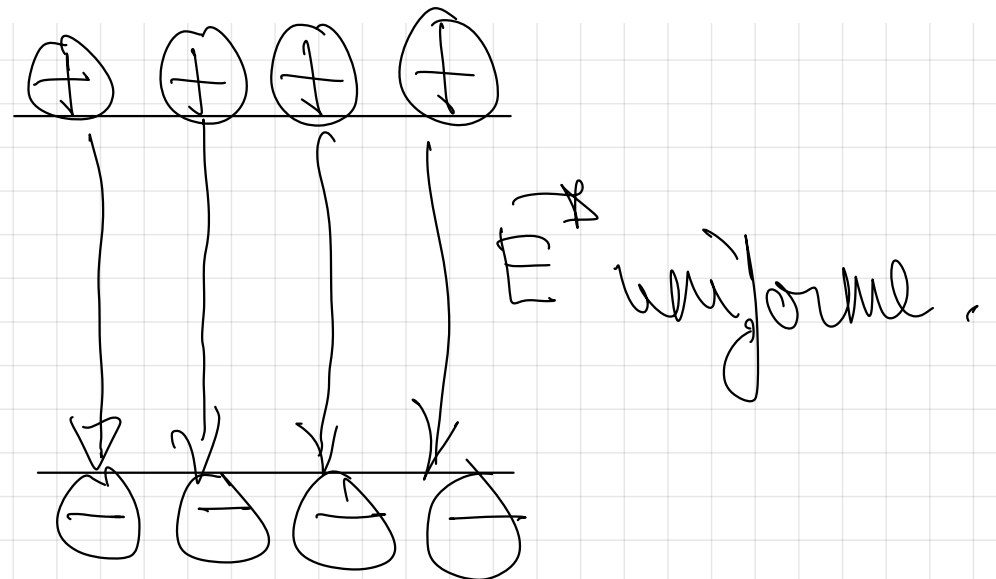
Escalar
fug (0).

$$c) E_p = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot (-1.6 \cdot 10^{-19})}{3 \cdot 10^{-10} \text{ m.}}$$

$$E_p = \ominus 768 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

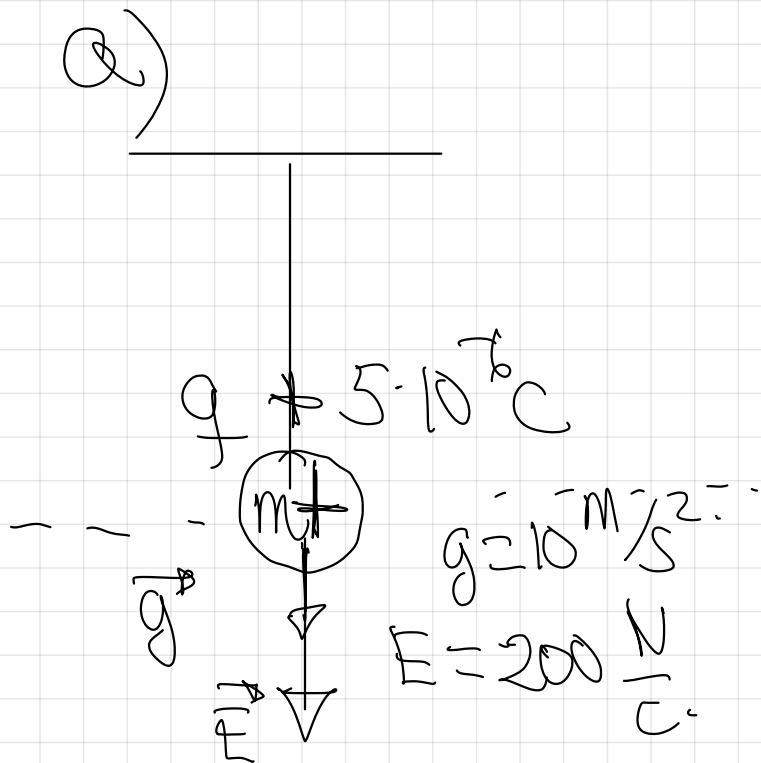
39.- Una bola de 0,2 g de masa y una carga de $5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ está suspendida por un hilo en el interior de un campo eléctrico uniforme $E=200 \text{ N/C}$ dirigido en la dirección del eje OY hacia abajo. Sabiendo que $g=10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, calcular la tensión del hilo si la masa permanece en reposo en los siguientes casos:

- Si la carga es positiva
- Si la carga es negativa
- Si se pierde la carga



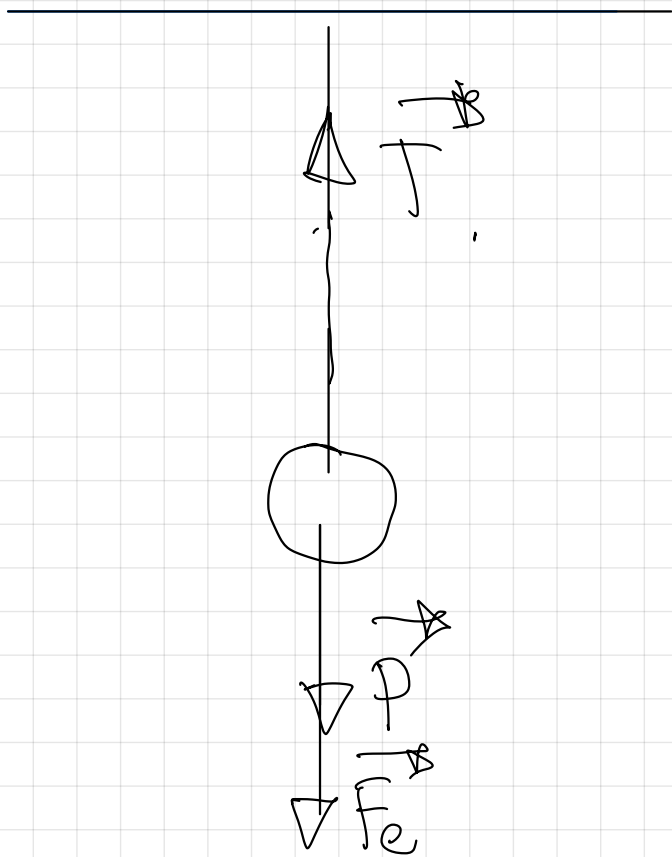
39.- Una bola de 0,2 g de masa y una carga de $5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ está suspendida por un hilo en el interior de un campo eléctrico uniforme $E=200 \text{ N/C}$ dirigido en la dirección del eje OY hacia abajo. Sabiendo que $g=10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, calcular la tensión del hilo si la masa permanece en reposo en los siguientes casos:

- a) Si la carga es positiva 
- b) Si la carga es negativa
- c) Si se pierde la carga



$$|\vec{P}| = m \cdot g = 0.2 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$|\vec{F}| = |q| |\vec{E}| = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 200 \frac{\text{N}}{\text{C}} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$



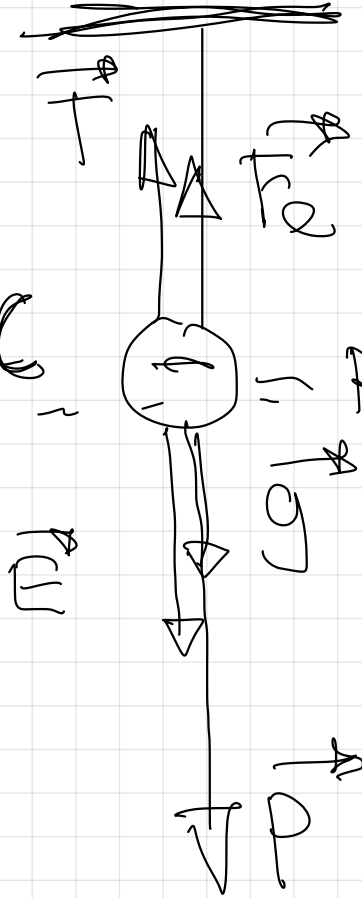
$$|\vec{F}| = |\vec{F}_p| + |\vec{F}_e|$$

$$|\vec{F}| = 2 \cdot 10^{-3} \text{ N} + 1 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

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

b)

$$g = -5 \cdot 10^6$$



$$|\vec{F}_e| = 1 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$T + F_e = P$$

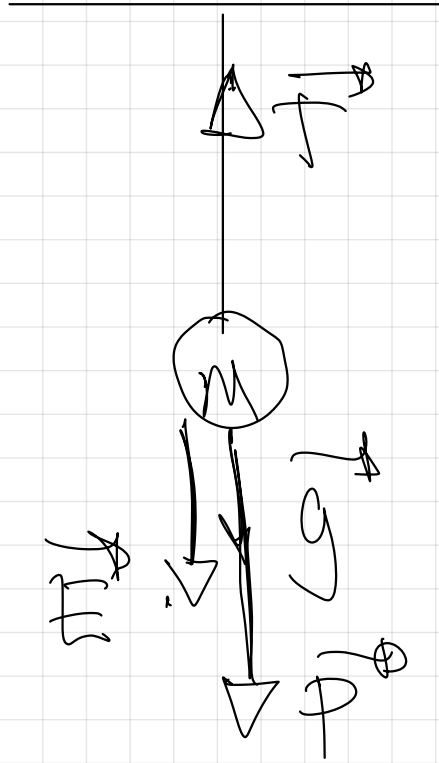
$$T = P - F_e$$

$$T = 2 \cdot 10^{-3} \text{ N} - 1 \cdot 10^{-3}$$

$$|\vec{P}| = 2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$T = 1 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

c)

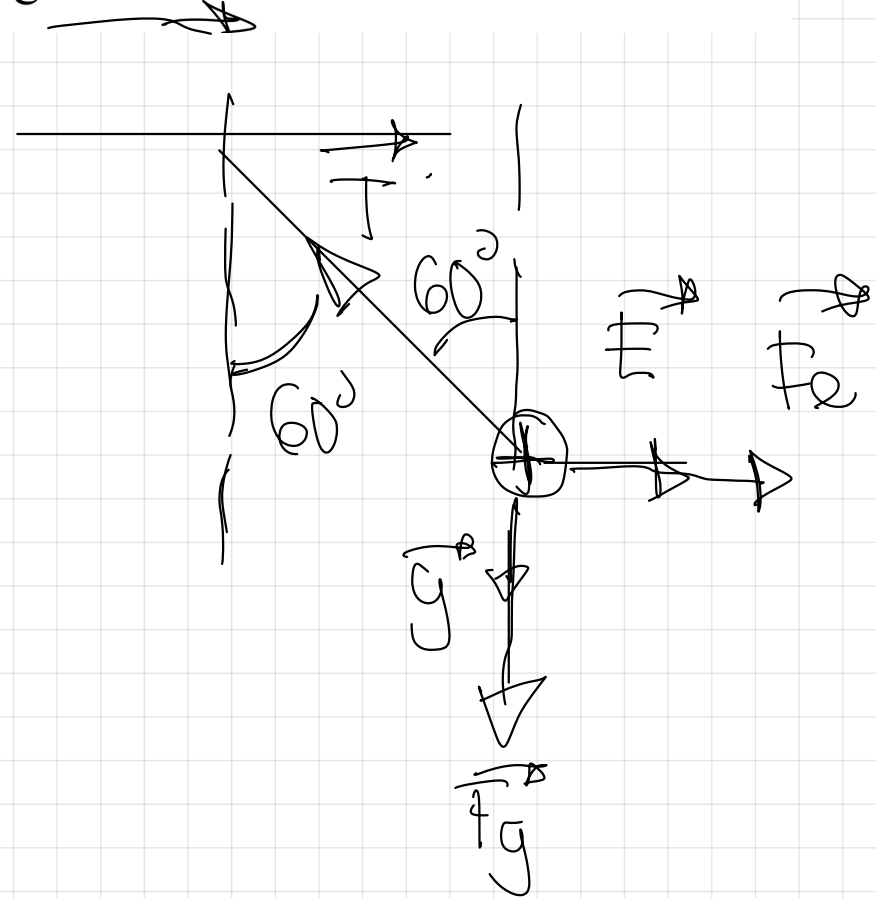
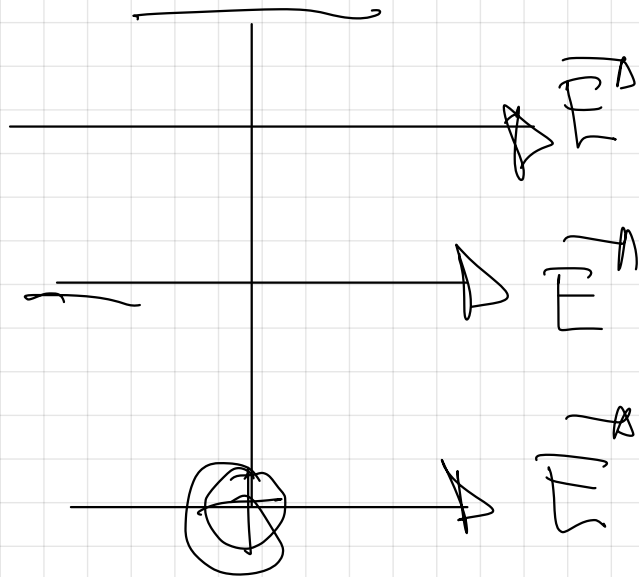


$$|\vec{F}_T| = |\vec{F}_g| = 2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

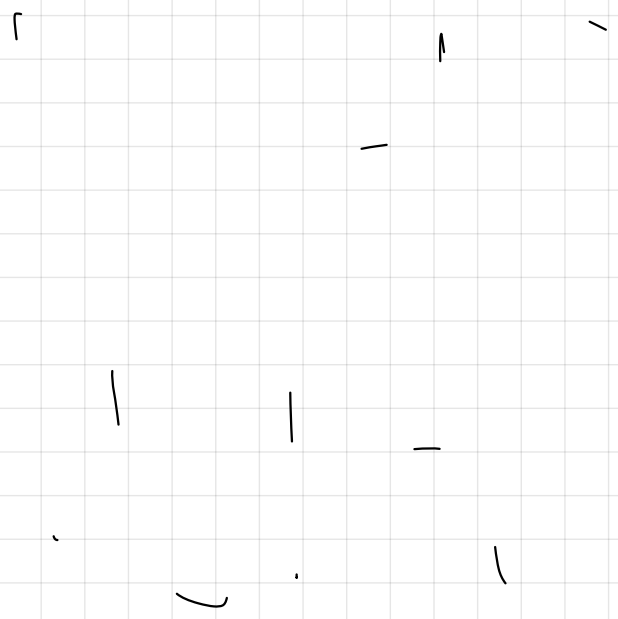
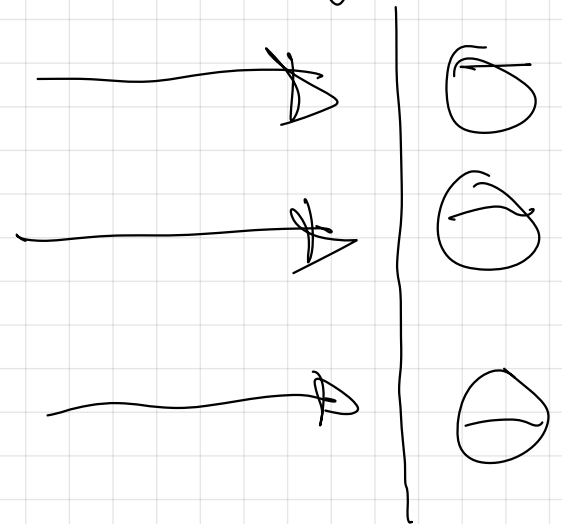
> 40. Una bolita de 1 g, cargada con $+5 \cdot 10^{-6}$ C, pende de un hilo que forma un ángulo de 60° con la vertical, en una región en la que existe un campo eléctrico uniforme en dirección horizontal.

a) Explique, con ayuda de un esquema, qué fuerzas actúan sobre la bolita y calcule el valor del campo eléctrico.

b) Razone qué cambios experimentaría la situación de la bolita si: i) se duplicara el campo eléctrico; ii) si se duplicase la masa de la bolita. $g=10 \text{ ms}^{-2}$



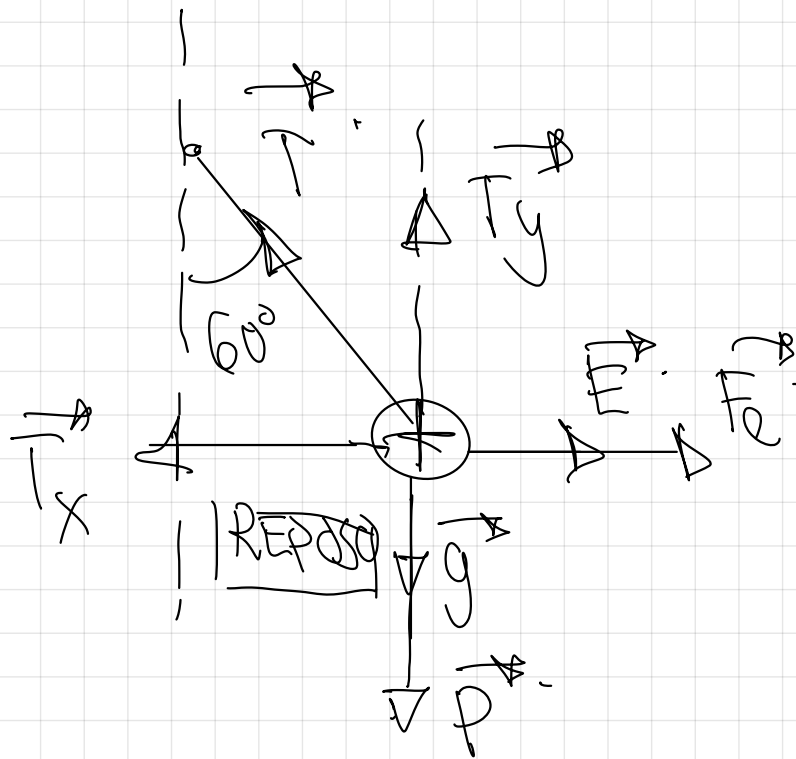

 unique.



40 - Una bolita de 1 g, cargada con $+5 \cdot 10^{-6}$ C, pende de un hilo que forma un ángulo de 60° con la vertical, en una región en la que existe un campo eléctrico uniforme en dirección horizontal.

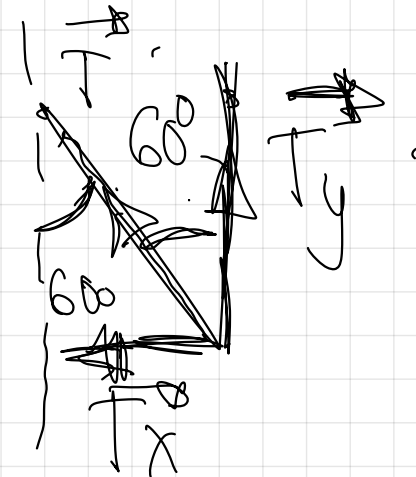
a) Explique, con ayuda de un esquema, qué fuerzas actúan sobre la bolita y calcule el valor del campo eléctrico.

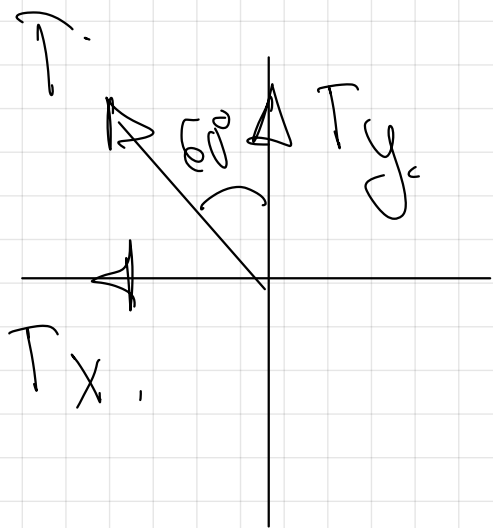
b) Razone qué cambios experimentaría la situación de la bolita si: i) se duplicara el campo eléctrico; ii) si se duplicase la masa de la bolita. $g = 10 \text{ ms}^{-2}$



$$|T_x| = |F_e|$$

$$|T_y| = |P|$$





$$\sin 60^\circ = \frac{T_x}{T} \Rightarrow T_x = T \cdot \sin 60^\circ$$

$$\cos 60^\circ = \frac{T_y}{T} \Rightarrow T_y = T \cdot \cos 60^\circ$$

REPOSO.

$$\left. \begin{array}{l} T_x = F_c \\ T_y = P \end{array} \right\}$$

$$T \cdot \sin 60^\circ = q \cdot \boxed{E}$$

$$T \cdot \cos 60^\circ = m \cdot g$$

$\vec{E}$? $\left. \begin{array}{l} \text{ } \end{array} \right\}$

$$\frac{T \cdot \sin 60^\circ}{T \cdot \cos 60^\circ} = \frac{q \cdot E}{m \cdot g}$$

$$\boxed{\tan 60^\circ = \frac{q \cdot E}{m \cdot g}}$$

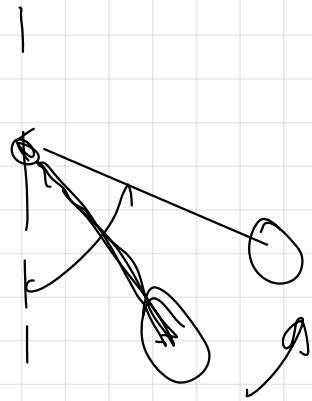
$$m \cdot g \cdot \tan 60^\circ = q \cdot E$$

$$E = \frac{m \cdot g \cdot \tan 60^\circ}{q} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \sqrt{3}}{5 \cdot 10^{-6} \text{ C}} = 3400 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E = 3400 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

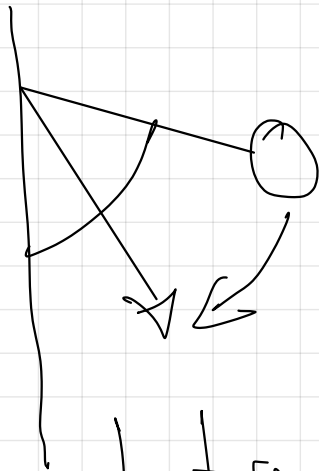
b) 

$$\boxed{\tan \alpha = \frac{q \cdot E}{m \cdot g}}$$



$$\uparrow \tan \alpha = \frac{q \cdot E}{m \cdot g} \uparrow$$

$$E \uparrow \Rightarrow \uparrow \tan \alpha \Rightarrow \uparrow \alpha$$



$$\downarrow \tan \alpha = \frac{q \cdot E}{m \cdot g}$$

$$m \uparrow \Rightarrow \downarrow \tan \alpha \Rightarrow \downarrow \alpha$$

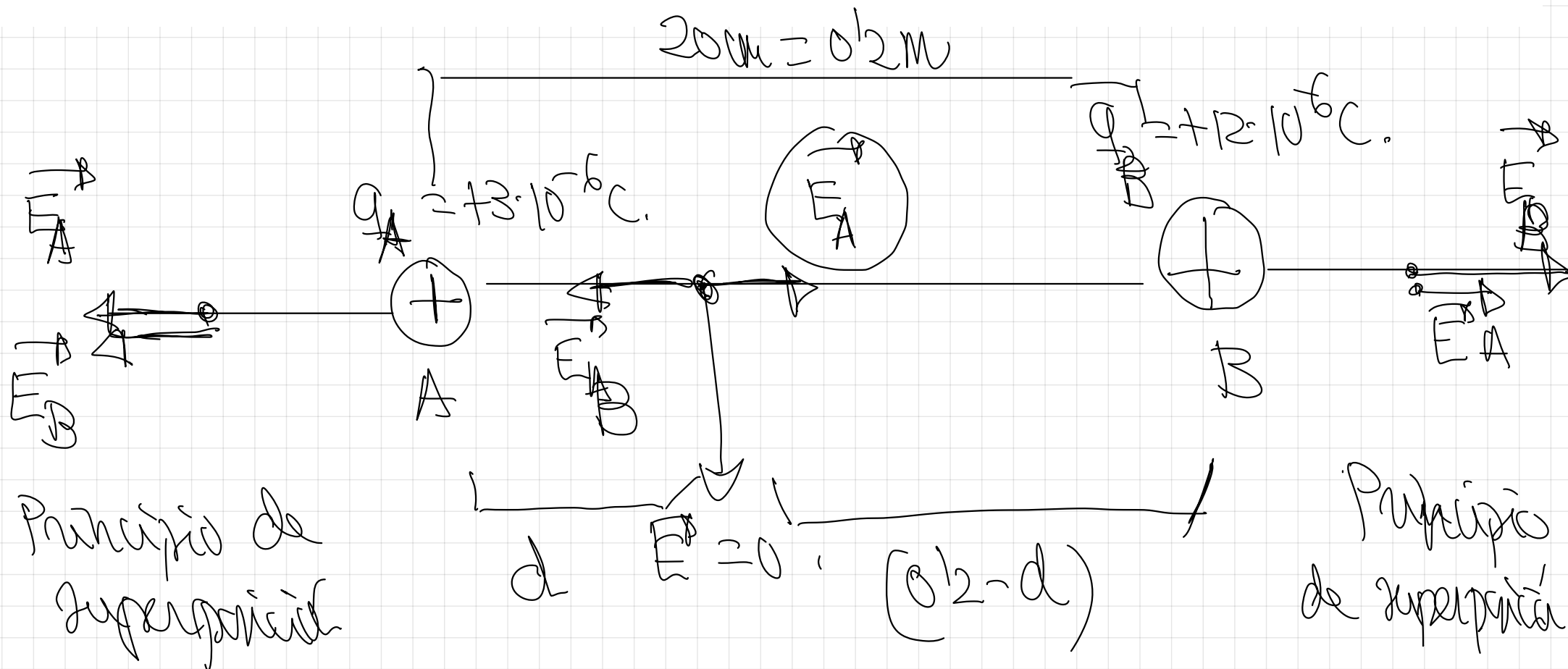
10.- Dos cargas puntuales $q_1 = +3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ y $q_2 = +12 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, están situadas, respectivamente, en los puntos A y B de una recta horizontal, separados 20 cm.

a) ¿Existe algún punto de la recta que contiene a las cargas en el que el campo sea nulo?. En caso afirmativo, calcule su posición.

b) ¿Existe algún punto de la recta que contiene a las cargas en el que el potencial sea nulo?. En caso afirmativo, calcule su posición.

c) Razone como variará el campo electrostático al pasar de A a B

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



$$\vec{E} \neq 0$$

van en el mismo sentido

$$|\vec{E}_A| = |\vec{E}_B|$$

$$\vec{E} \neq 0$$

van en el mismo sentido

~~$$\frac{|q_A|}{d^2} = \frac{|q_B|}{(0.2-d)^2}$$~~

$$\frac{|q_A|}{|q_B|} = \frac{d^2}{(0.2-d)^2}$$

$$d = 0.06 \text{ m de } A$$

~~$$\sqrt{\frac{|q_A|}{|q_B|}} = \sqrt{\left(\frac{d}{(0.2-d)}\right)^2}$$~~

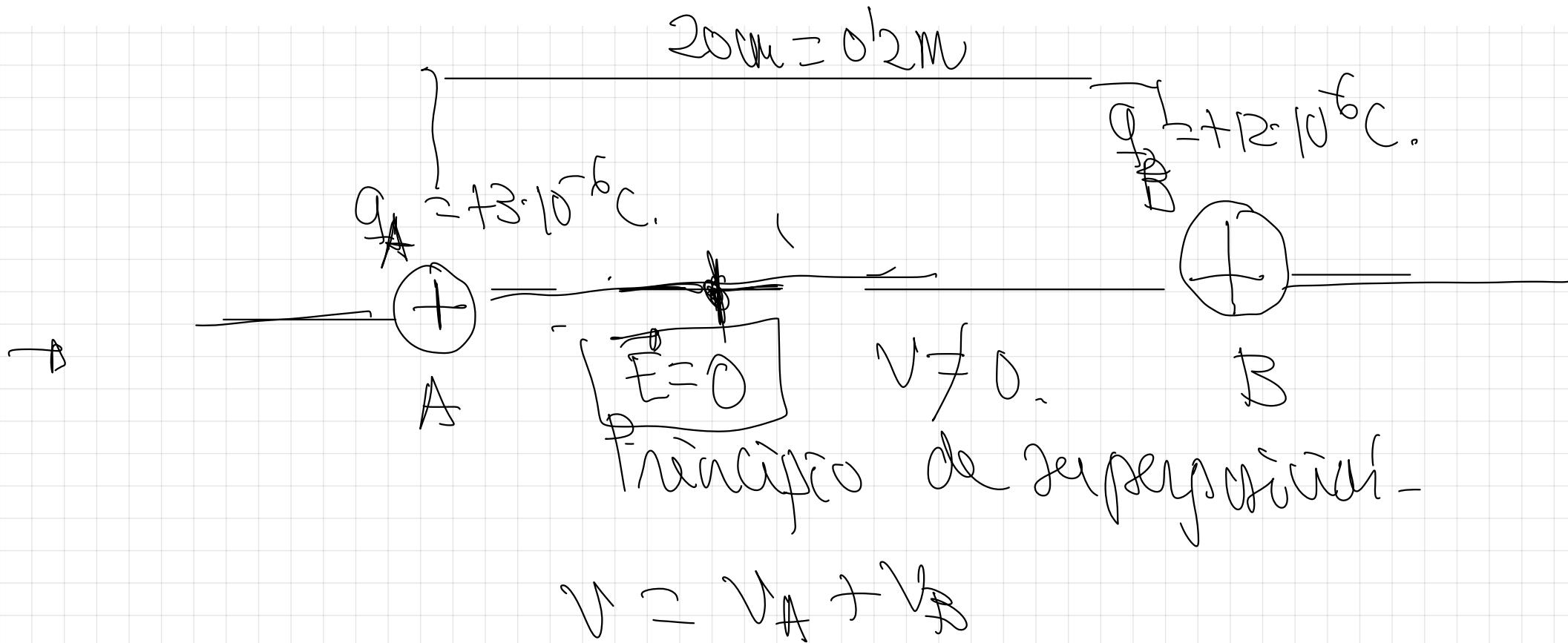
10.- Dos cargas puntuales $q_1 = +3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ y $q_2 = +12 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, están situadas, respectivamente, en los puntos A y B de una recta horizontal, separados 20 cm.

a) ¿Existe algún punto de la recta que contiene a las cargas en el que el campo sea nulo?. En caso afirmativo, calcule su posición.

b) ¿Existe algún punto de la recta que contiene a las cargas en el que el potencial sea nulo?. En caso afirmativo, calcule su posición.

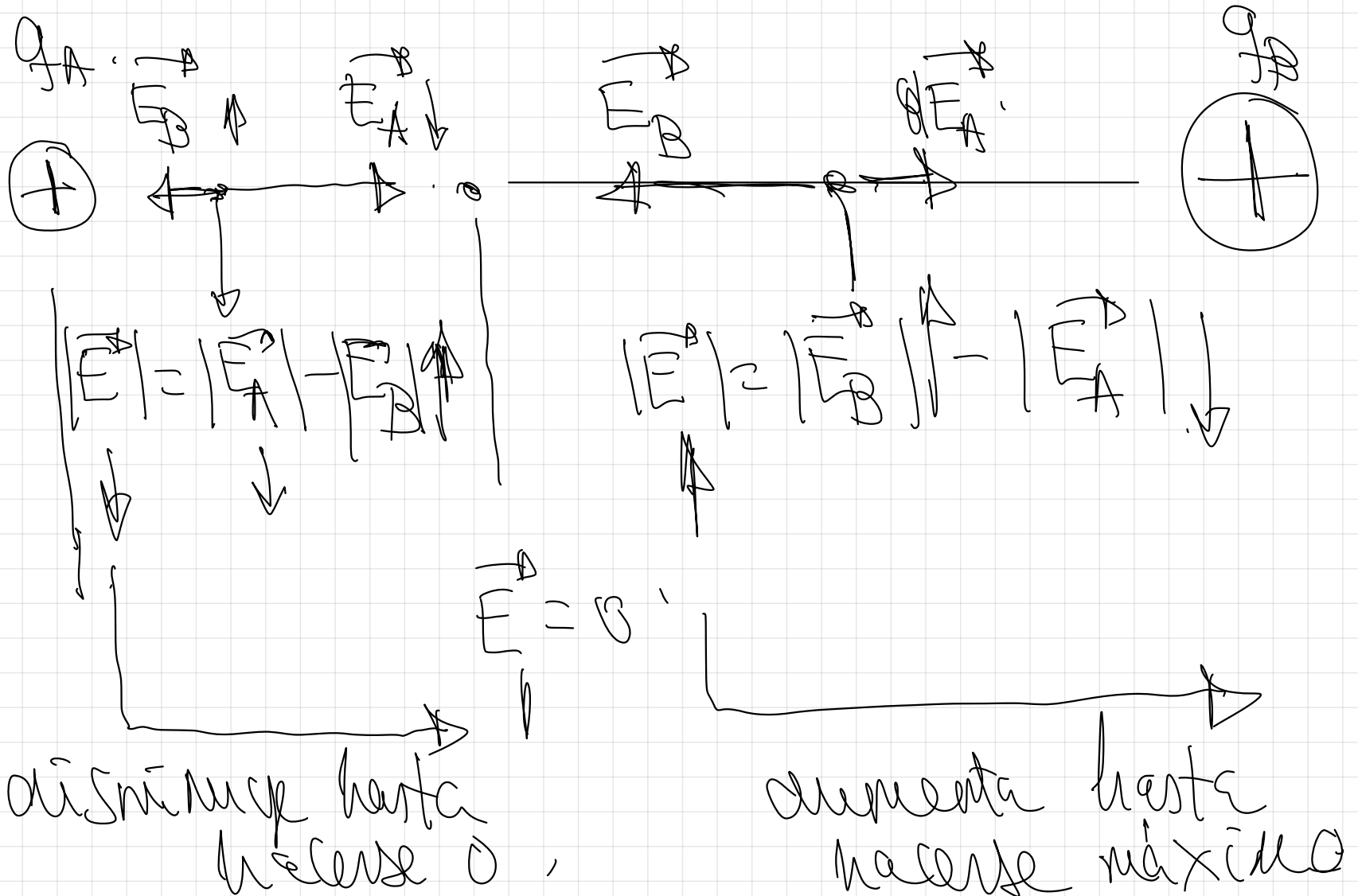
c) Razone como variará el campo electrostático al pasar de A a B

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



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

$$V = K \cdot \frac{q_A}{r_A} + K \cdot \frac{q_B}{r_B} \neq 0$$



7. Dos cargas puntuales de $8 \mu\text{C}$ y $-5\mu\text{C}$ están situadas respectivamente en los puntos $(0,0) \text{ m}$ y $(1,1) \text{ m}$. Calcular:

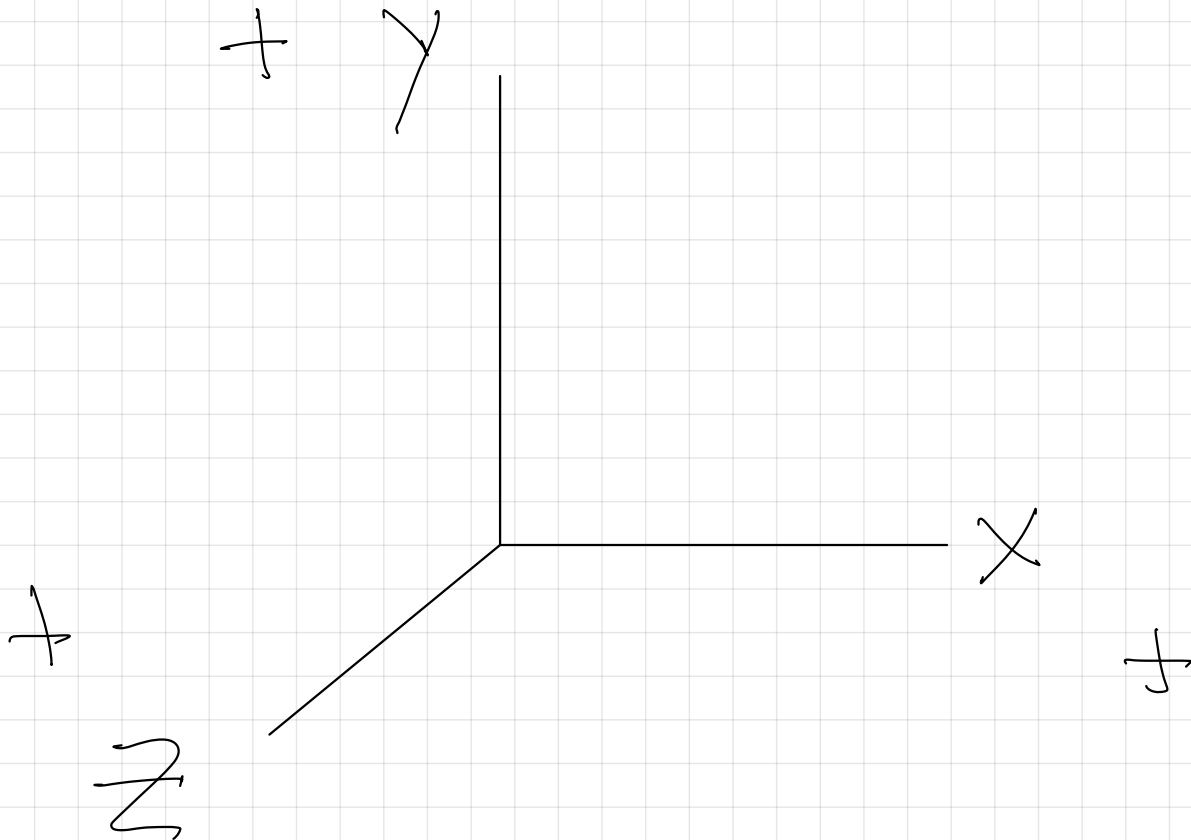
- a) La fuerza que actúa sobre una carga de $1 \mu\text{C}$ situada en el punto $(2,2) \text{ m}$ Ya hecho
- b) El trabajo necesario para llevar a ésta última carga desde el punto que ocupa hasta punto $(0,1) \text{ m}$. Dar una interpretación del resultado.

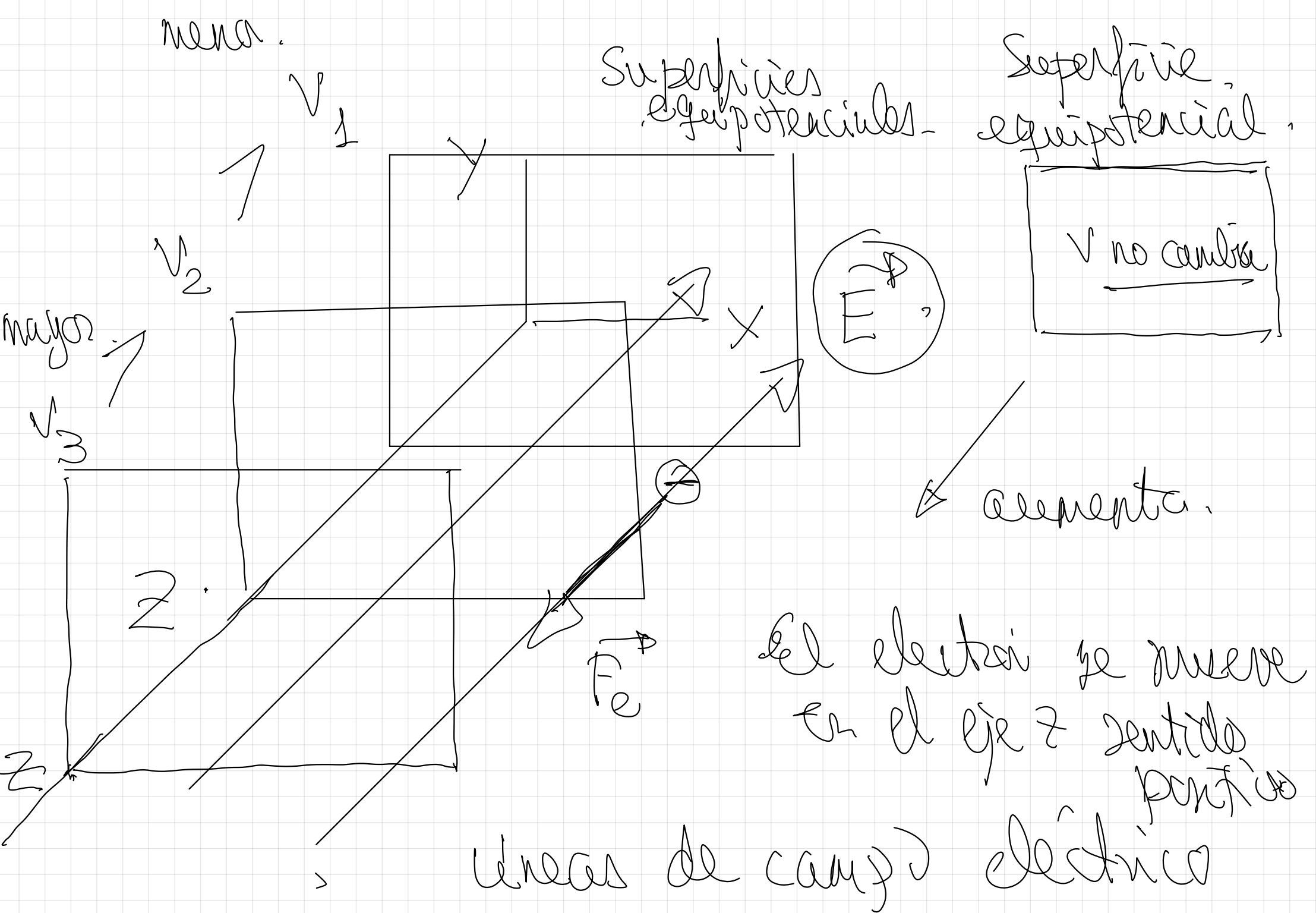
$$K=9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$$

12 - En una región del espacio el potencial electrostático aumenta en el sentido positivo del eje Z y no cambia en las direcciones de los otros dos ejes

a) Dibuja en un esquema las líneas del campo electrostático y las superficies equipotenciales

b) ¿En qué dirección y sentido se moverá un electrón, inicialmente en reposo?





$\Downarrow$
 hipótesis trasectivas
 que seguiría una carga
 positiva. abandonada en
 repón la ex campo.

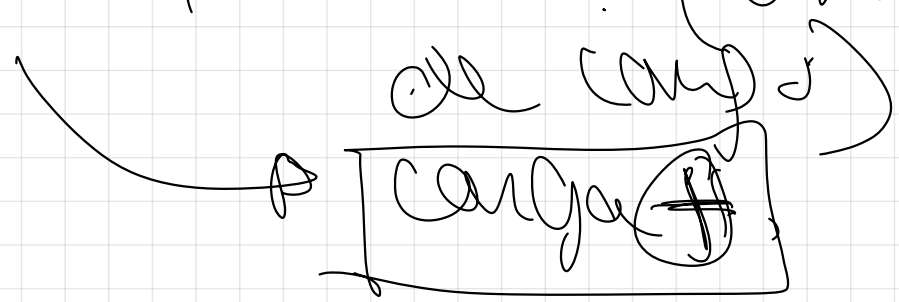
$$W_{A \rightarrow B} = q \cdot (V_A - V_B) > 0$$

Espontáneo
 $\uparrow$



$V_A > V_B$
 mayor menor.

Orden de potenciales
decreciente: (líneas
de campo)



e^-

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

① ①

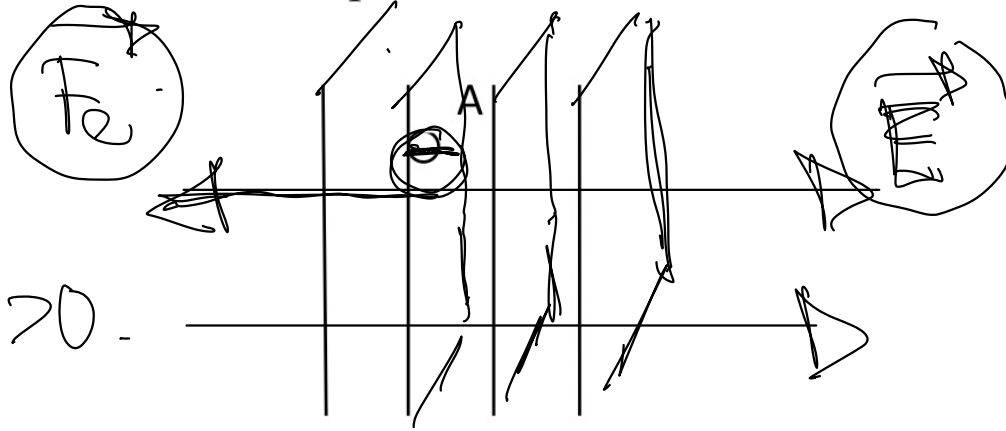
$$V_A < V_B$$

minor major

Order weights.

13.

En la figura se representan algunas superficies correspondientes a una zona del espacio en donde existe un campo eléctrico



pag 61.

$$W = q \cdot (V_A - V_B) > 0$$

⊖ ⊖
 $V_A < V_B$. Orden creciente.
 $V_1 > V_2 > V_3 > V_4$

Líneas de campo.
 $V_A > V_B$
 ⊕ ⊕

$$W = q \cdot (V_A - V_B) > 0$$

- ¿Qué dirección y sentido tendrán las líneas de campo?
- Si en el instante de tiempo $t=0$ situamos un electrón en el punto A y desde el reposo se deja en libertad, ¿Cuáles serán la dirección y el sentido de la trayectoria inicial del mismo?
- Una carga eléctrica, ¿se moverá siempre a lo largo de una línea de campo? Razónese.

Solo si está en reposo, tendrá la misma dirección que $\vec{E}$ en el mismo sentido si la carga es positiva y en sentido

contrario a la carga es negativa.

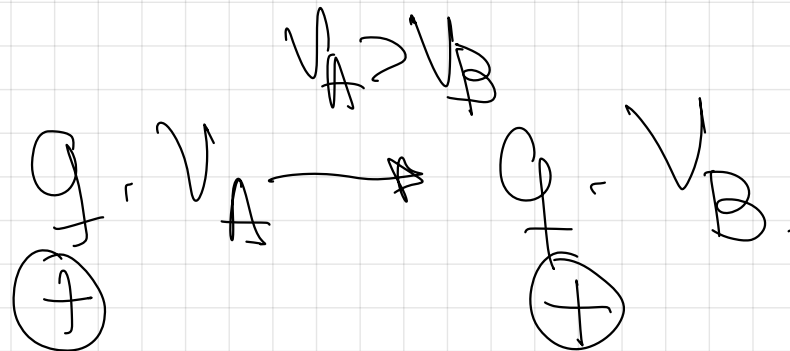
- 17.- a) Razone si la energía potencial electrostática de una carga q aumenta o disminuye al pasar de un punto A a un punto B, siendo el potencial en A mayor que en B.
- b) El punto A está mas alejado que el B de la carga Q que crea el campo. Razone si la carga Q es positiva o negativa.

a)

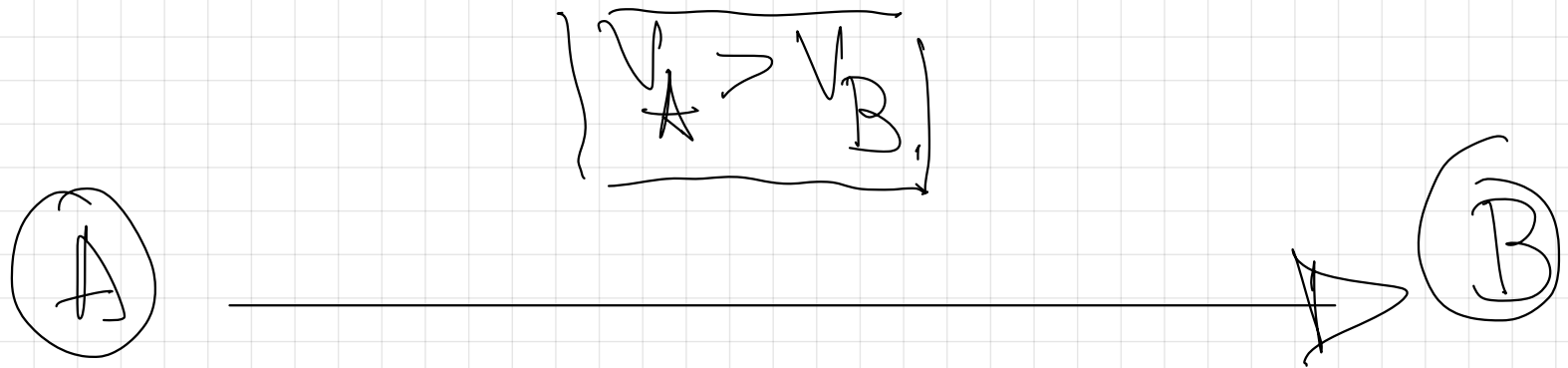


$$V = \frac{W}{q}$$
$$E_p = q \cdot V$$

Si la carga q es positiva -



$$E_{PA} > E_{PB}$$

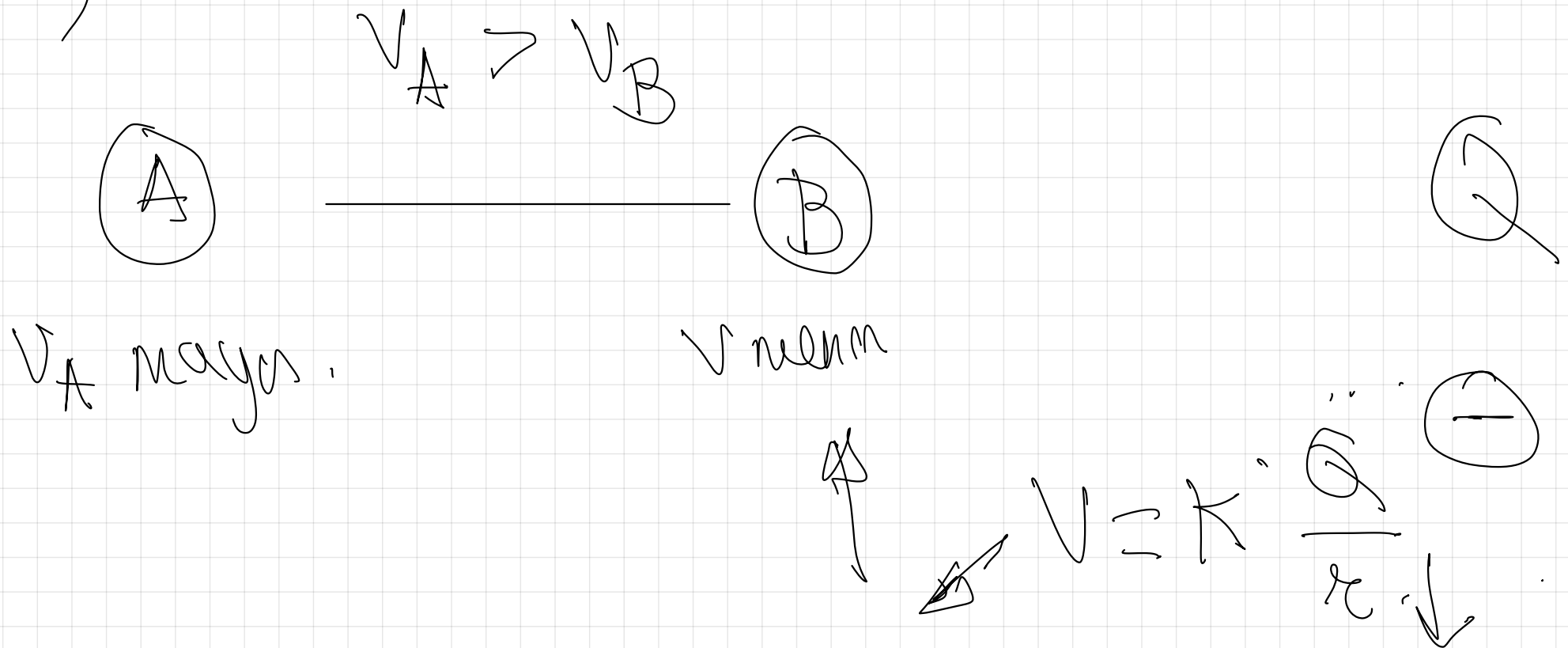


Si la carga
 q es $\textcircled{+}$.

$V_A > V_B$
 $q \cdot V_A \longrightarrow q \cdot V_B$
 $\textcircled{-}$ mayor $\textcircled{-}$ menor.
 mas negativa $\longrightarrow$ menos negativa

$E_A < E_B$
 Con este caso la E_A .

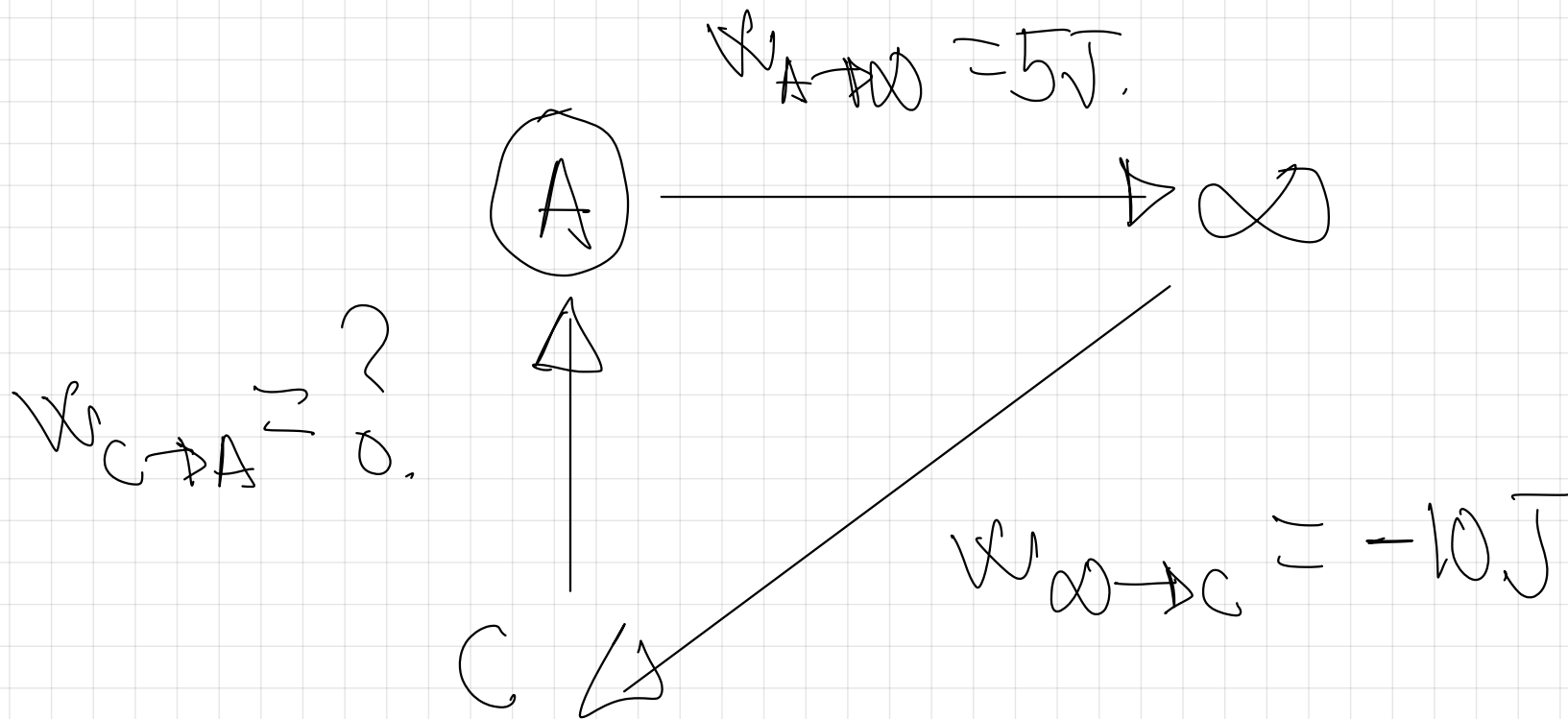
b)



18.- Una carga puntual Q crea un campo electrostático. Al trasladar una carga q desde el punto A al infinito, las fuerzas del campo realizan un trabajo de 5 J. Si se traslada desde el infinito hasta otro punto C, el trabajo es de -10 J.

a) ¿Qué trabajo se realiza al llevar la carga desde el punto C al A?. ¿En qué propiedad del campo electrostático se basa la respuesta?

b) Si $q = -2 \text{ C}$, ¿Cuánto vale el potencial en los puntos A y C?, ¿Cuál es el signo de Q ?, ¿por qué?



Fuerza
conservativa.

$$\rightarrow W_{A \rightarrow A} = 0.$$

$$W_{A \rightarrow B} + W_{B \rightarrow C} + W_{C \rightarrow A} = 0.$$

$$5\text{ J} + (-10\text{ J}) + W_{C \rightarrow A} = 0.$$



El campo electrostático
es conservativo.

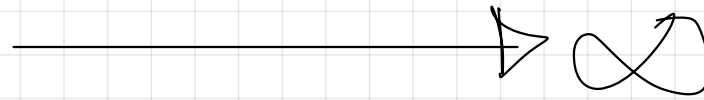
$$\boxed{W_{C \rightarrow A} = 5\text{ J.}}$$

b)

$$q = -2C$$

$$W_{A \rightarrow \infty} = 5J$$

A



$$W_{C \rightarrow A} = 5J$$



C

$$W_{\infty \rightarrow C} = -10J$$

$$W_{A \rightarrow \infty} = q \cdot (V_A - V_{\infty})$$

$$W_{A \rightarrow \infty} = q \cdot V_A$$

$$V_A = \frac{W_{A \rightarrow \infty}}{q} = \frac{5J}{-2C} = -2.5 \frac{J}{C} = \boxed{-25V}$$

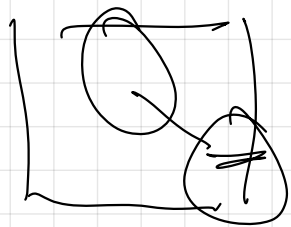
$$W_{\infty \rightarrow C} = q \left(\cancel{V_{\infty}^{90.}} - V_C \right) \rightarrow -10J = -2C(0 - V_C)$$

$$\boxed{V_C = -5V}$$

$$V_C = - \frac{W_{\infty \rightarrow C}}{q} = \frac{(-10J)}{-2C} = \boxed{-5V}$$

$V = k \cdot \frac{Q}{r}$
 única carga

$$V_A = -2.5V$$



$$V_C = -5V$$

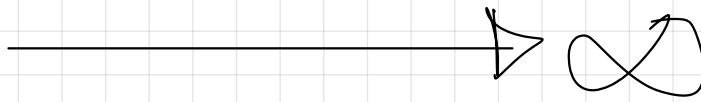
Cuando el campo es creado por una única carga, solo existe la posibilidad

Si las potenciales son
negativas que la
carga Q sea
negativa también

$$q = -2C$$

$$W_{A \rightarrow \infty} = 5J$$

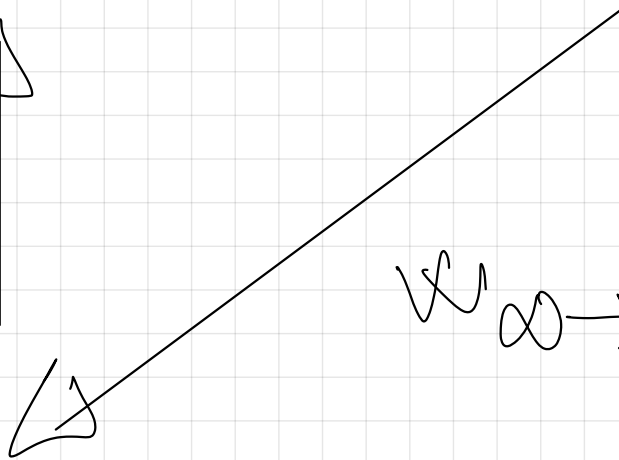
A



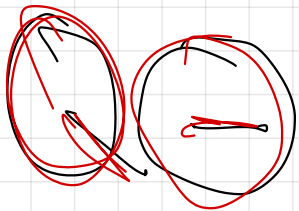
$$W_{C \rightarrow A} = 5J$$



C



$$W_{\infty \rightarrow C} = -10J$$

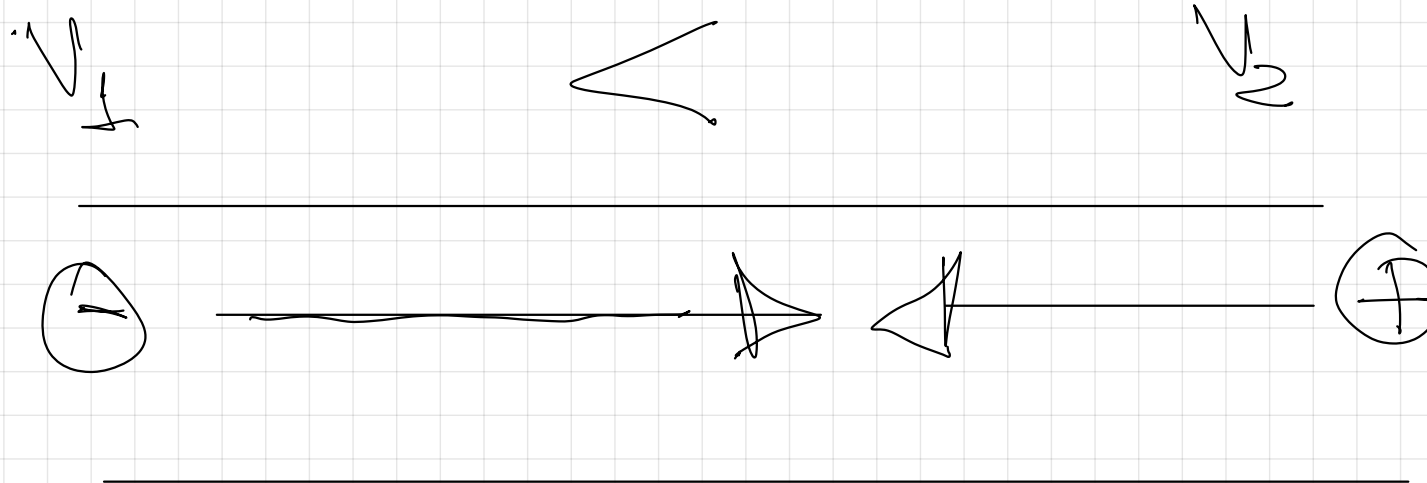


19.- Un acelerador lineal consiste básicamente en un tubo donde se ha hecho el vacío y entre cuyos extremos se establece una diferencia de potencial. Las partículas cargadas introducidas en un extremo del tubo se aceleran dirigiéndose hacia el otro extremo.

- Realice un análisis energético que explique el funcionamiento del acelerador.
- Si la diferencia de potencial es de 10^5 V y se introduce un electrón con una velocidad de 10^2 m/s , calcule la velocidad con la que llegará al otro extremo del tubo
- Si se introdujera un protón, ¿habría que realizar alguna modificación en la experiencia?

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$ $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$

$$m_p > m_e$$



$$V_1 - V_2 = -10^5 \text{ V}$$

$$\begin{array}{c} \nearrow \\ \ominus \quad \ominus \end{array} w = q (v_A - v_B) > 0 \Rightarrow v_A < v_B \Rightarrow \text{crescente.}$$

$$\begin{array}{c} \searrow \\ \oplus \quad \oplus \end{array} w = q (v_A - v_B) > 0 \Rightarrow v_A > v_B \Rightarrow \text{decreciente.}$$

$$\rightarrow \Delta E_{\text{pot\u00e9tica}} = w_{A \rightarrow B} = \Delta E_{A \rightarrow B}.$$

$$\left[\mathcal{L}_{A \rightarrow B} \right] = \left[\Delta E_{A \rightarrow B} \right]$$

$$q(v_A - v_B) = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2$$

$$-16 \cdot 10^{-19} (\rightarrow 10^5 \text{ V}) = \frac{1}{2} m_e \cancel{v_B^2} - \frac{1}{2} m v_A^2$$

$\downarrow$ $\downarrow$
 $9.1 \cdot 10^{-31}$ $\downarrow$ $9.1 \cdot 10^{-31}$
 v_B $(10^2)^2$

$$v_B = 187 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

$$W_{A \rightarrow B} = \Delta E_{A \rightarrow B},$$

$$q \cdot (V_A - V_B) = \frac{1}{2} m_p v_B^2 - \frac{1}{2} m_p v_A^2.$$

$$q \cdot (V_A - V_B) = \frac{1}{2} m_p \cdot (V_B^2 - V_A^2)$$

$$\frac{q \cdot (V_A - V_B)}{\frac{1}{2} m_p} = V_B^2 - V_A^2$$

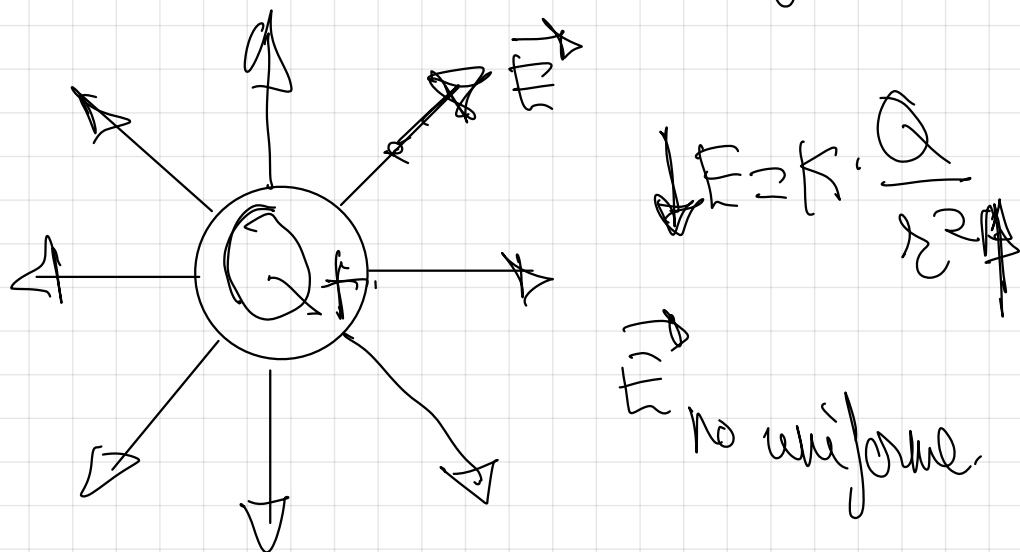
$$V_B^2 = \frac{q \cdot (V_A - V_B)}{\frac{1}{2} m_p} + V_A^2$$

lanzar la velocidad
mayor para que ~~deje~~
con igual v_B .

Invertir el orden
de potenciales.

ESQUEMA CAMPO ELÉCTRICO UNIFORME

Campo eléctrico no uniforme



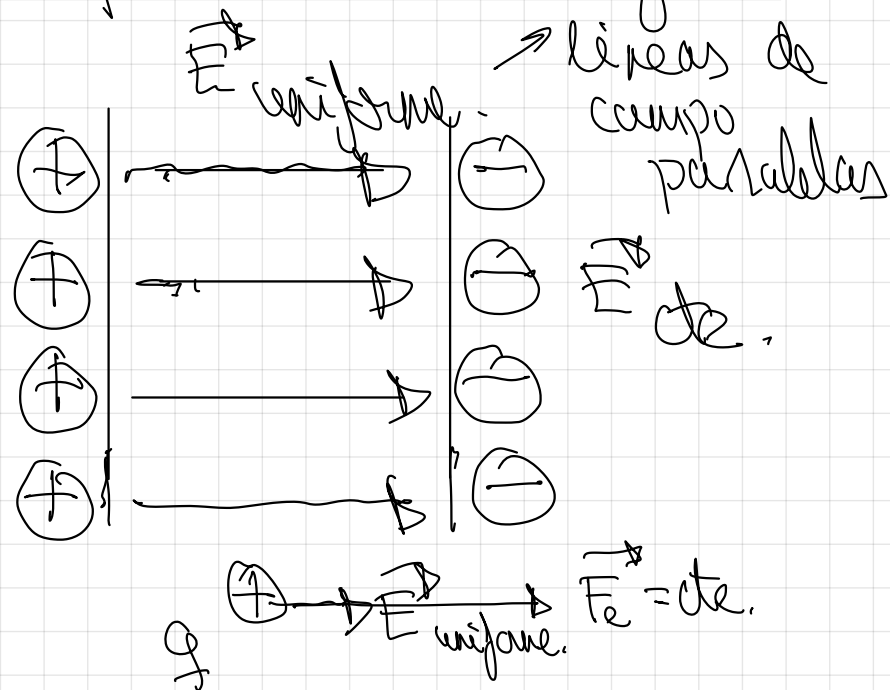
En uniforme y no uniforme
se cumple al ser conservativo
que

$$-\Delta E_{P_{A \rightarrow B}} = W_{A \rightarrow B} = \Delta E_{C_{A \rightarrow B}}$$

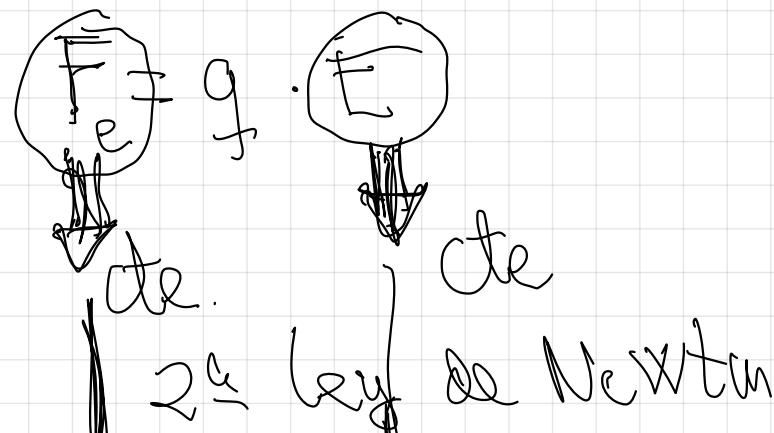
$$W_{A \rightarrow B} = q \cdot (V_A - V_B)$$

$$V_{A \rightarrow B} = \Delta E_{C_{A \rightarrow B}}$$

Campo eléctrico uniforme

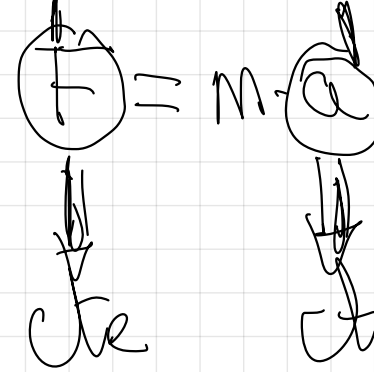


Solo para el campo eléctrico uniforme.



$$W_{A \rightarrow B} = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2$$

Se cumple tanto para el uniforme como para el no uniforme.



$$\boxed{\text{MRUA}} \Rightarrow \begin{cases} v = v_0 + a \cdot t \\ s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \\ v^2 = v_0^2 + 2 a s \end{cases}$$

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

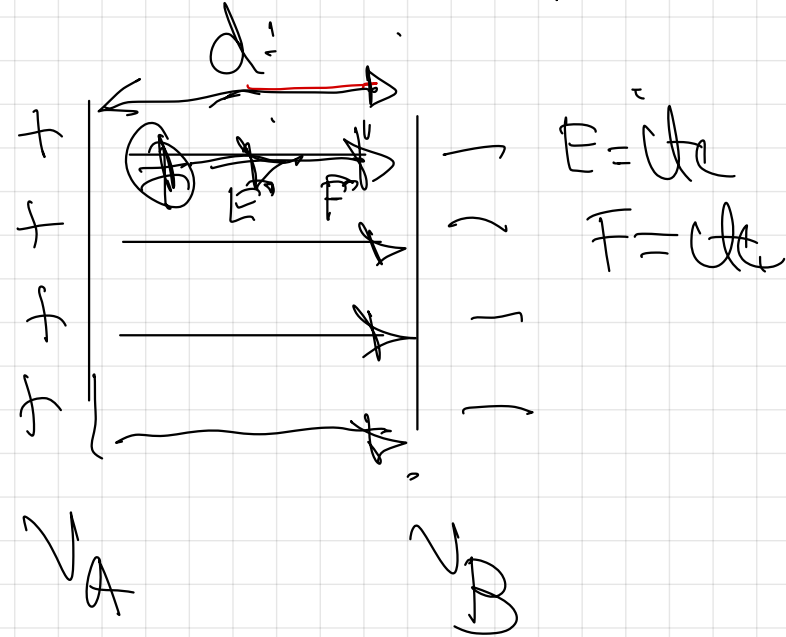
VALIDO EN AMBOS

$$W_{A \rightarrow B} = \boxed{F} \cdot d \cdot \cos \alpha -$$

VALIDO SOLO EN E UNIFORME

SOLO CUANDO $\vec{E}$ es cte.

$$W_{A \rightarrow B} = q \cdot E \cdot d \cdot \cos \alpha$$



$$q \cdot (V_A - V_B) = F \cdot d \cdot \cos 0^\circ$$

$$\cancel{q} \cdot (V_A - V_B) = \cancel{q} \cdot E \cdot d$$

$$(V_A - V_B) = E \cdot d$$

SOLO QUANDO
E é de
(uniforme.)

22. Tenemos un campo eléctrico uniforme, dirigido de arriba a abajo, cuya intensidad es de $10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$

a) Calcular la fuerza ejercida por este campo sobre un electrón, indicando su dirección y sentido

b) Calcular la velocidad que adquirirá el electrón cuando haya recorrido 1 cm partiendo del reposo

c) Calcular la energía cinética adquirida

d) Calcular el tiempo que necesita el electrón para recorrer la distancia del apartado b)

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-28} \text{ g} \Rightarrow 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

g)

$q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

$E = 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$

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

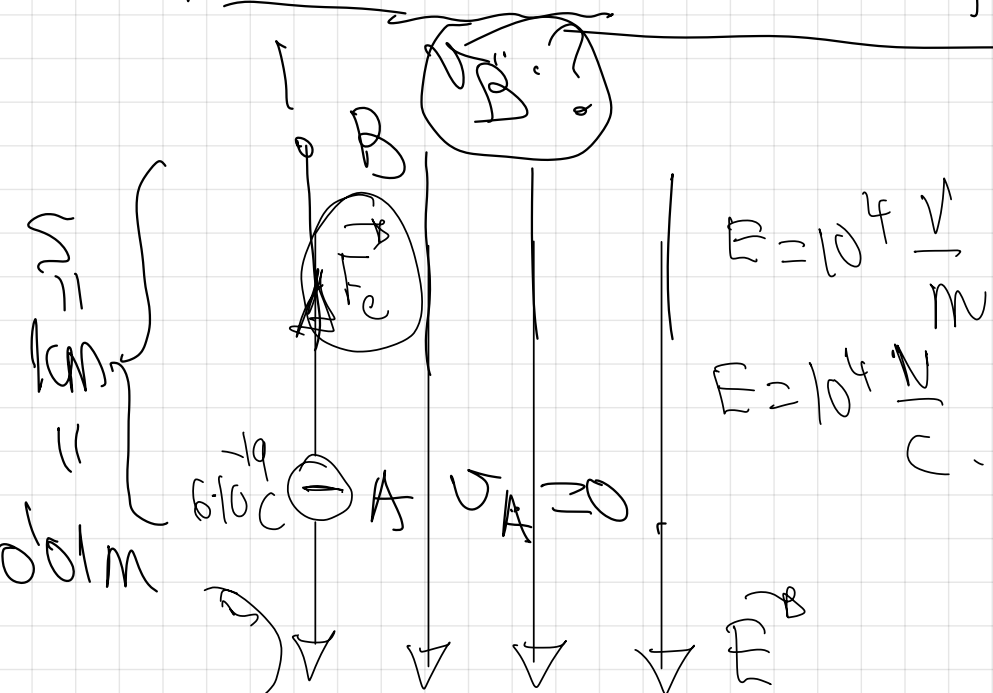
$\boxed{\frac{\text{V}}{\text{m}} = \frac{\text{N}}{\text{C}}}$

$\frac{v}{m} = \frac{\frac{\text{V}}{\text{C}}}{m} = \frac{\frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{C}}}{m} = \frac{\text{N}}{\text{C}}$

F_2 Magnitud vectorial, primer módulo, luego dirección y sentido

$$|f_e| = |q| \cdot |E| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}} = 1,6 \cdot 10^{-15} \text{ N}$$

$$F_e = 1,6 \cdot 10^{-15} \text{ N}$$



Hecho por
Carmática

MRVA

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$v^2 = y^2 + 2as$$

La aceleración cuenta a ~~ca~~.
F con el MRUA.

$$F_{\text{elect}} = m \cdot a.$$

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

$a \uparrow$

$$a = \frac{|q| \cdot |E|}{m} = \frac{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^4}{9.1 \cdot 10^{-31}} = 1.76 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2.$$

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

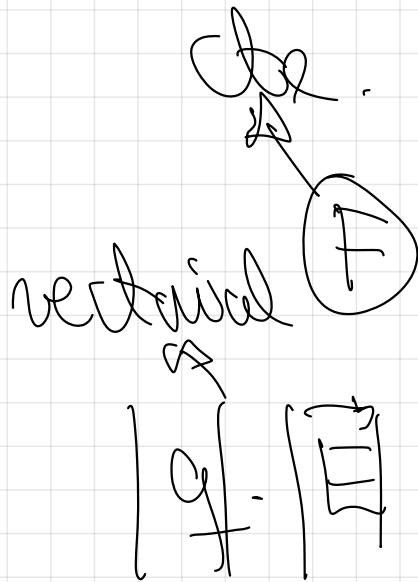
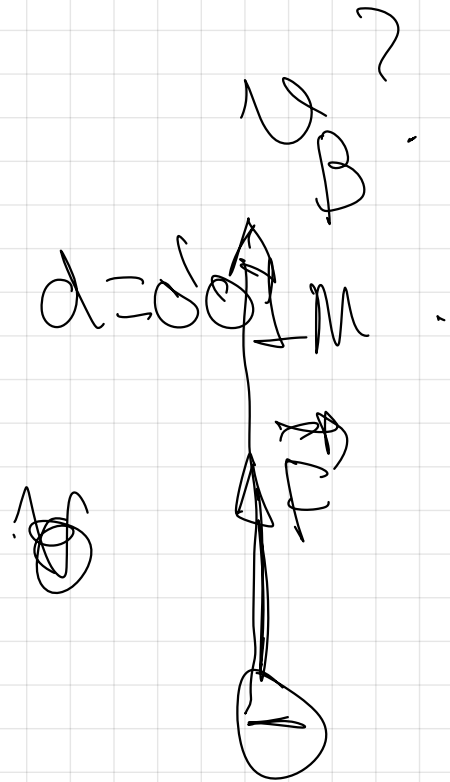
$$v = \sqrt{0^2 + 2 \cdot 1.76 \cdot 10^{15} \cdot 0.101 \text{ m}} = 5.93 \cdot 10^6 \text{ m/s}.$$

Hecho por
energía

$$W_{A \rightarrow B} = \Delta E_{c_{A \rightarrow B}}$$



solo para campo
electrico uniforme.



$$d \cdot \cancel{U_B} = \frac{1}{2} m U_B^2$$

$$d = \frac{1}{2} m U_B^2$$

$$\frac{1}{2} m U_A^2$$

$$v_B = \sqrt{\frac{2 q E \cdot d}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^4 \cdot 0.01}{9.1 \cdot 10^{-31}}}$$

$$v_B = 5.93 \cdot 10^6 \text{ m/s.}$$

c)

$$E_c = \frac{1}{2} m v_B^2 = \frac{1}{2} 9.1 \cdot 10^{-31} \cdot (5.93 \cdot 10^6)^2$$

$$E_c = 1.6 \cdot 10^{-17} \text{ J.}$$

$$W_{A \rightarrow B} = q \cdot E \cdot d \quad \text{---} \quad \text{Magnitud vectorial, utilizamos valores} \quad = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^4 \cdot 0.01 = \boxed{1.6 \cdot 10^{-17} \text{ J.}}$$

d) El tiempo solo lo podemos calcular mediante cinemática.

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$v - v_0 = a \cdot t$$

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{5'93 \cdot 10^6 \text{ m/s}}{1'76 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2} = 3'37 \cdot 10^{-9} \text{ s.}$$

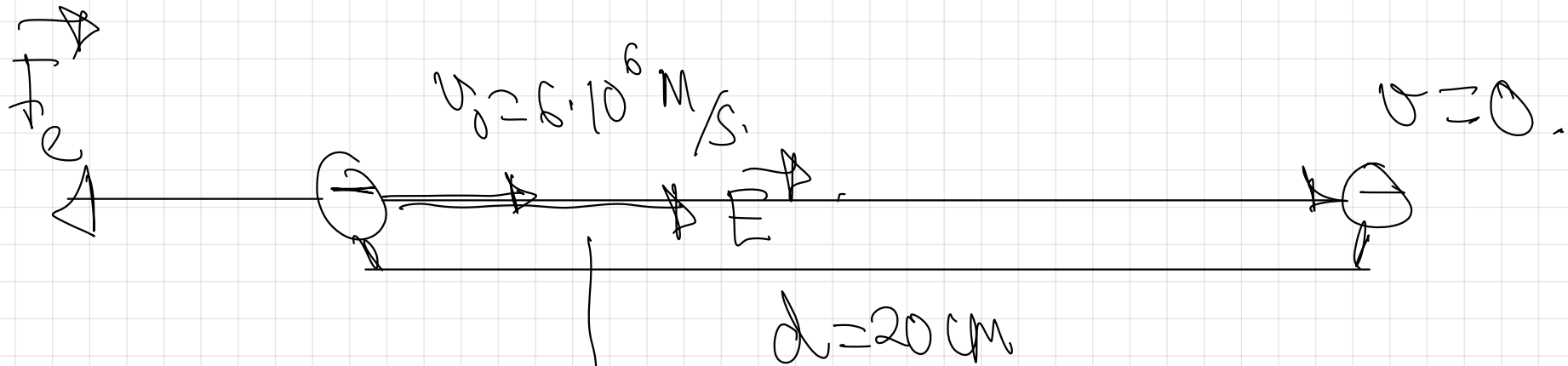
$$t = 3'37 \text{ ns.}$$

45. Un electrón, con una velocidad de $6 \cdot 10^6 \text{ m s}^{-1}$, penetra en un campo eléctrico uniforme y su velocidad se anula a una distancia de 20 cm desde su entrada en la región del campo.

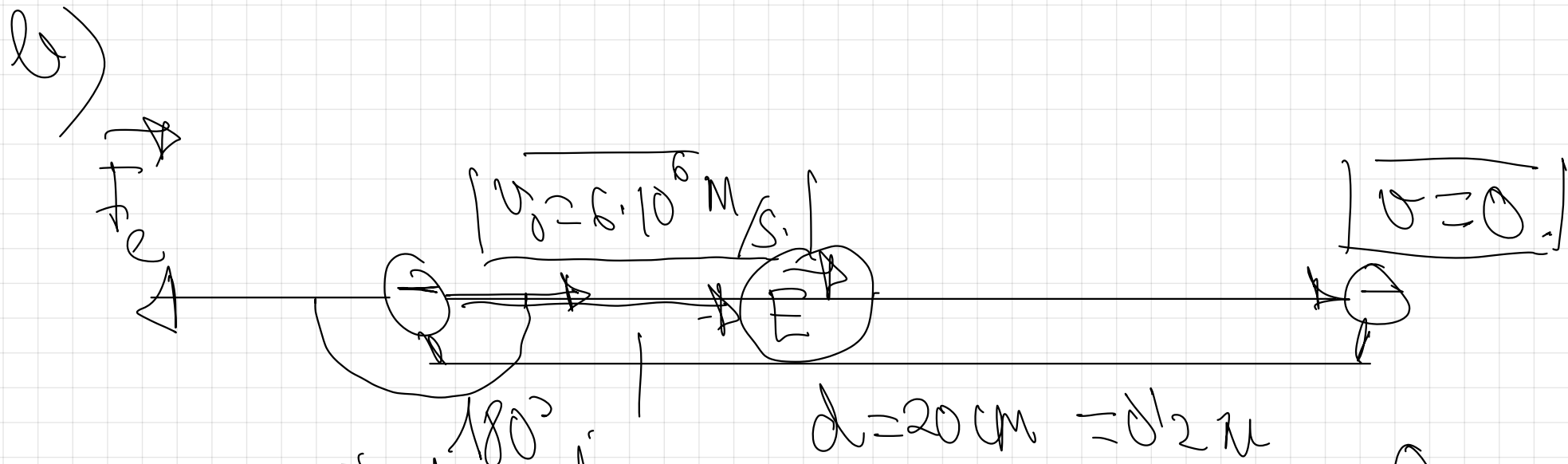
a) Razone cuáles son la dirección y el sentido del campo eléctrico.

b) Calcule su módulo.

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$



a) La dirección y el sentido de $\vec{E}$ es el mismo que el de la velocidad para que aparezca la fuerza eléctrica que lo frena



magnitud vectorial

primero módulos
y después asigno
sentidos.

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

$$|E| = \frac{m \cdot |a|}{|q|} = \frac{9.1 \cdot 10^{-31} \cdot 9 \cdot 10^{13}}{1.6 \cdot 10^{-19}}$$

MRUA (frenado)

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

$$0^2 = v_0^2 + 2as$$

$$-v_0^2 = 2as$$

$$|\vec{E}| = 511'87 \text{ N/C.}$$

$$\vec{E} = +511'87 \hat{r} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

$$Q = \frac{V_d^2}{2S} = \frac{(6 \cdot 10^6)^2}{2 \cdot 0'12}$$

$$a = \ominus 9 \cdot 10^{13} \text{ m/s}^2.$$

↓
prensa.

Por energía.

Solo para
C. eléctrico
uniforme.

$$\boxed{\cancel{W_{A \rightarrow B}}} = \boxed{\Delta E_{A \rightarrow B}}$$

$$\boxed{\vec{F}} \cdot d \cdot \cos 180^\circ = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2.$$

$$|q| \cdot (\boxed{\vec{E}}) \cdot d \cdot (-1) = 0 - \frac{1}{2} m v_A^2,$$

$$|\vec{E}| = \frac{\frac{1}{2} m v_A^2}{-|q| \cdot d} = \frac{\frac{1}{2} 9,1 \cdot 10^{-31} (6 \cdot 10^6)^2}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,12 \text{ m}}$$

$$|\vec{E}| = 511'87 \text{ N/C}$$

$$\vec{E} = 511'87 \vec{u} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

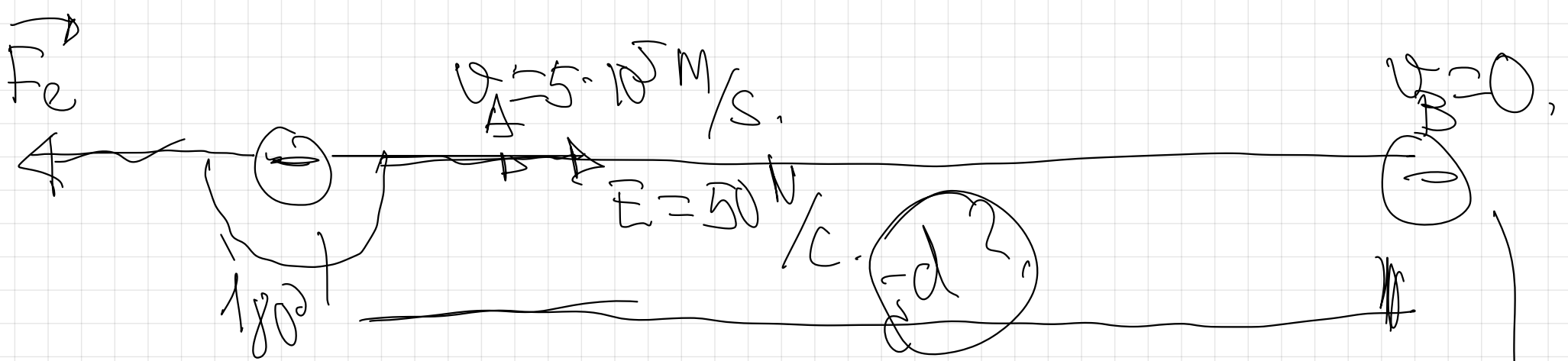
→ mismo valor, uniforme.

46.- Un electrón se mueve con una velocidad de $5 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$ y penetra en un campo eléctrico de 50 N C^{-1} de igual dirección y sentido que la velocidad.

a) Haga un análisis energético del problema y calcule la distancia que recorre el electrón antes de detenerse.

b) Razone qué ocurriría si la partícula incidente fuera un protón.

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad ; \quad m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \quad ; \quad m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

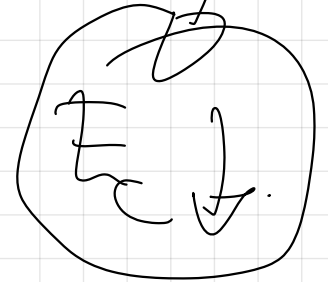
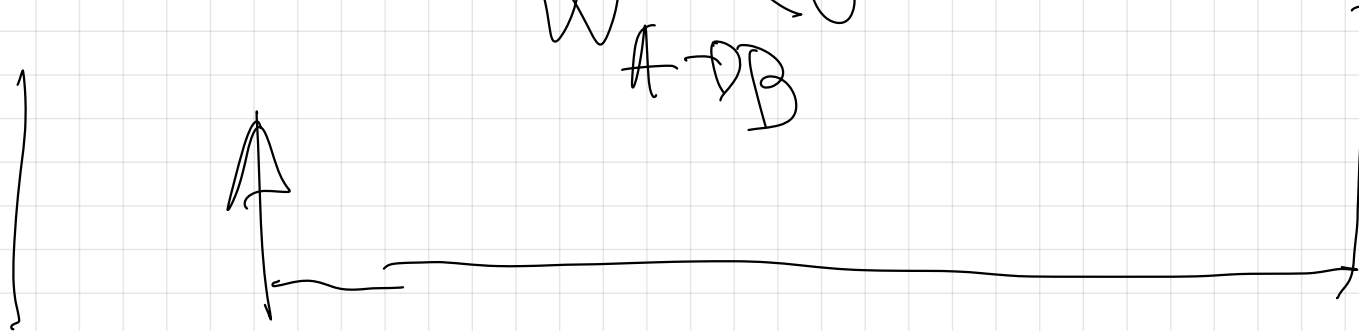


$$-\Delta E_p = W_{A \rightarrow B} = \Delta E_{CA \rightarrow B}$$

$$\Delta E_p > 0$$

$$W_{A \rightarrow B} < 0$$

$$\Delta E_{CA \rightarrow B} < 0$$

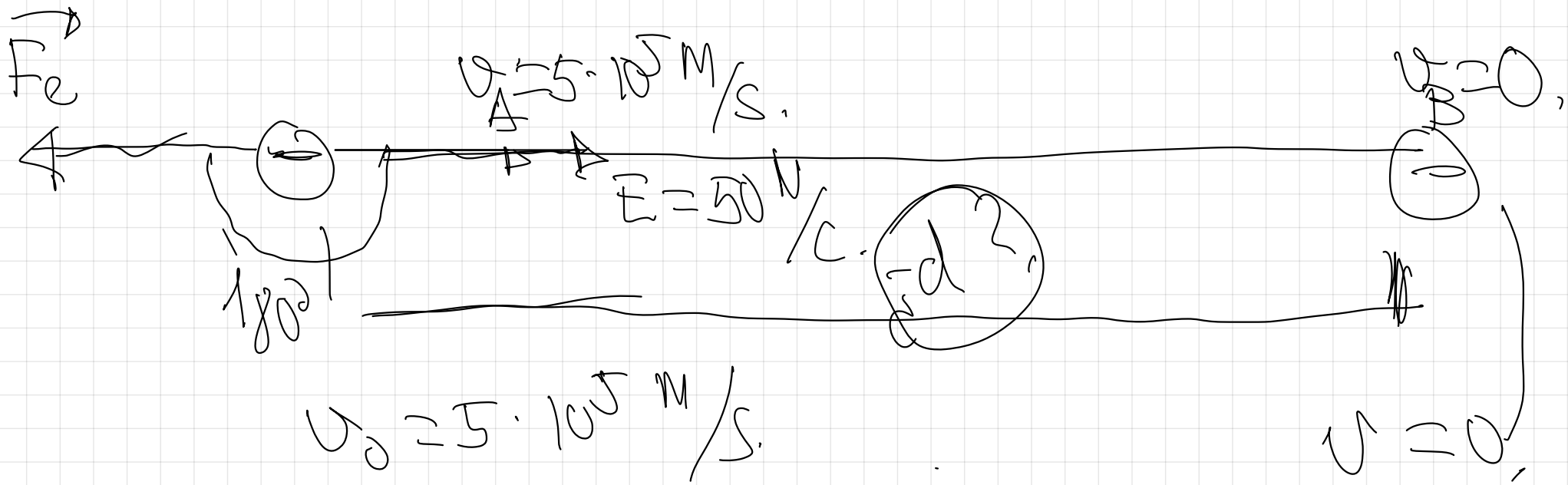


↓ La disminución de la E_c coincide con el incremento de E_p eléctrica.

$$W_{A \rightarrow B} = \Delta E_{A \rightarrow B}$$

$$\begin{aligned} & \text{Diagram showing two particles (circles with crosses) interacting. One particle is labeled 'A' and the other 'B'. Arrows indicate the direction of interaction. Below the diagram, the equation is written:} \\ & \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = 0 - \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 \\ & \downarrow \text{módulo (magnitud) vectorial} \end{aligned}$$

$$d = \frac{\frac{1}{2} m v_A^2}{q \cdot E} = \frac{\frac{1}{2} 9.1 \cdot 10^{-31} (5 \cdot 10^5)^2}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 50} = 0.014 \text{ m.}$$



CINEMÁTICA

$$v = v_0 + a \cdot t$$

2º Ley Newton.

$$F_{\text{eléctrica}} = m \cdot a.$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2.$$

$$\underbrace{v^2}_{v_0^2} + 2a \underbrace{s}_{s_2}$$

$$|q| \cdot |E| = m \cdot \underbrace{a}_{a_2}$$

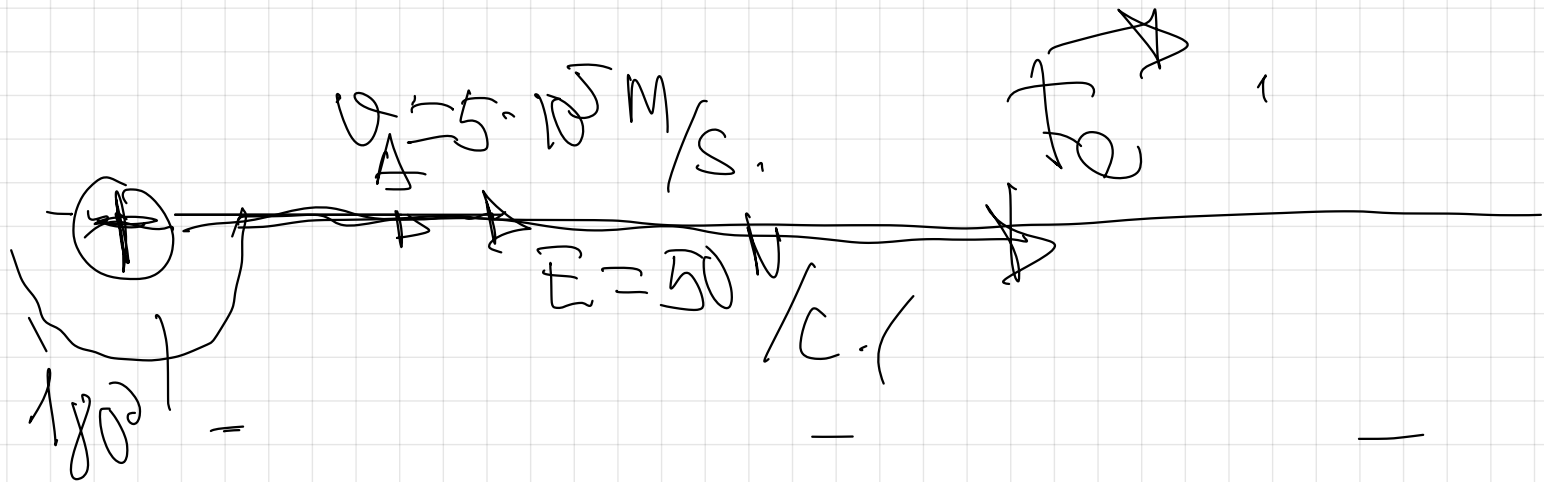
$$a = \frac{|q| \cdot |E|}{m} = \frac{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 50}{9.1 \cdot 10^{-31}} = \frac{8 \cdot 10^{-12} \text{ N}}{52}$$

¡Ojo! al frenar, $a = -8 \cdot 10^{-12} \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(S)$$

$$S = \frac{-v_0^2}{2a} = \frac{-(5 \cdot 10^5)^2}{2 \cdot (-8.8 \cdot 10^{-12})} = 0.014 \text{ m.}$$

b)



El movimiento acelerará indefinidamente.

$$F = m \cdot a$$

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

$$a =$$

$$\frac{q \cdot E}{m}$$

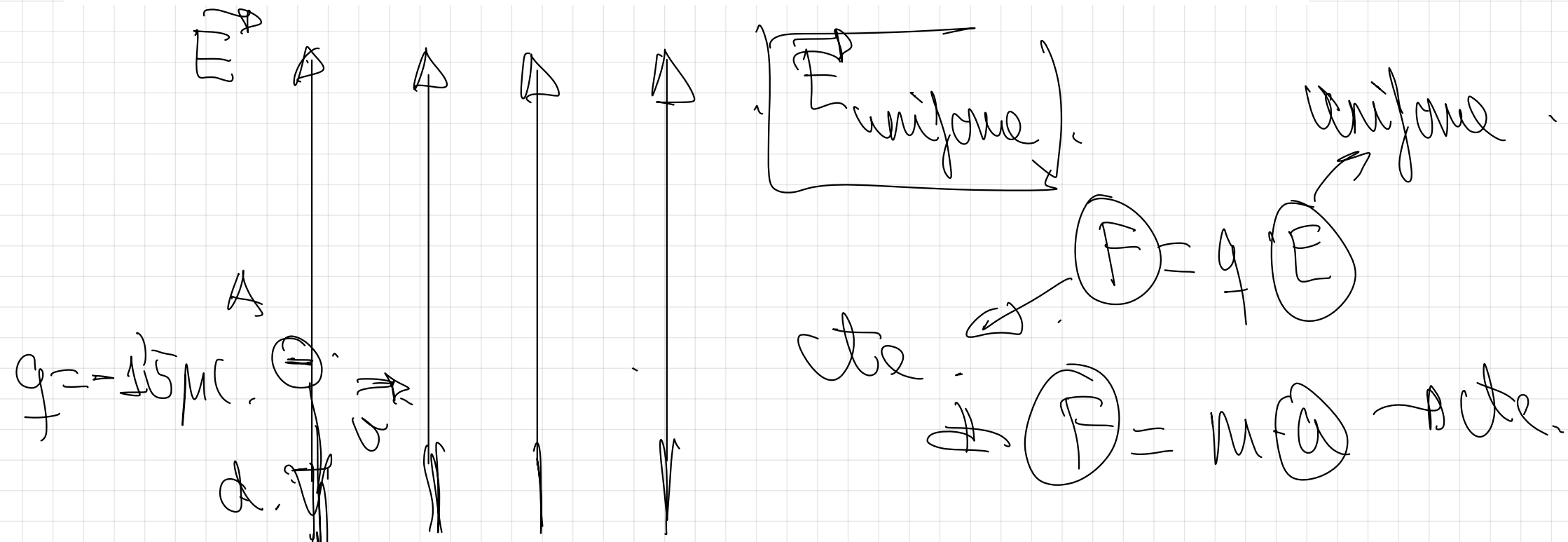
$q_p = q_e$
 $\rightarrow$ mismo
 $\Rightarrow$
 $m_p > m_e \rightarrow$

Aceleración es
 una a menor
 en valor
 absoluto

$$a = 4.7 \cdot 10^9 \text{ m/s}^2$$

23- En la posición A de un campo eléctrico uniforme cuya dirección y sentido es la del eje OY positivo, se sitúa una partícula de carga $-1,5\mu\text{C}$ y masa $2,2 \cdot 10^{-6} \text{ Kg}$ con una velocidad nula. Debido a la acción del campo eléctrico dicha partícula se acelera a la posición B, a la que llega con una velocidad de $42 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Considerando despreciable la acción de la fuerza de la gravedad, responder a las siguientes cuestiones:

- Describir qué tipo de movimiento realiza, así como la dirección y sentido de la velocidad
- ¿Cuál es la diferencia de potencial que existe entre los puntos A y B?
- ¿Qué punto es el que está a mayor potencial?
- Si la distancia recorrida es de 5m, determinar el módulo del campo eléctrico que la aceleró





Movimiento MRUA.

dirección de la velocidad es la del eje OX, y su sentido será negativo, el mismo que el de la fuerza.

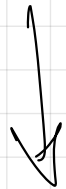
$$W_{A \rightarrow B} = \Delta E_{CA \rightarrow B}$$

$$\boxed{F} (v_A - v_B) = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2$$

escalar.

$$(V_A - V_B) = \frac{\frac{1}{2} m v_B^2}{q} = \frac{\frac{1}{2} 2.2 \cdot 10^{-6} \cdot (42)^2 \cdot \frac{J}{C}}{+1.5 \cdot 10^{-6}}$$

$$(V_A - V_B) = -1293.6 V.$$



B está a mayor potencial, cargas
negativas se desplazan espontáneamente
en el orden de potenciales
crecientes.

d)

$$W_{A \rightarrow B} = F \cdot d \cdot \cancel{\cos 0^\circ} =$$

$$W_{A \rightarrow B} = \boxed{q \cdot E \cdot d} \rightarrow \text{¡ojo! solo}$$

$$\cancel{q \cdot (V_A - V_B)} = \cancel{q \cdot E \cdot d}$$

en campo
eléctrico
uniforme

$$E = \frac{(V_A - V_B)}{d}$$

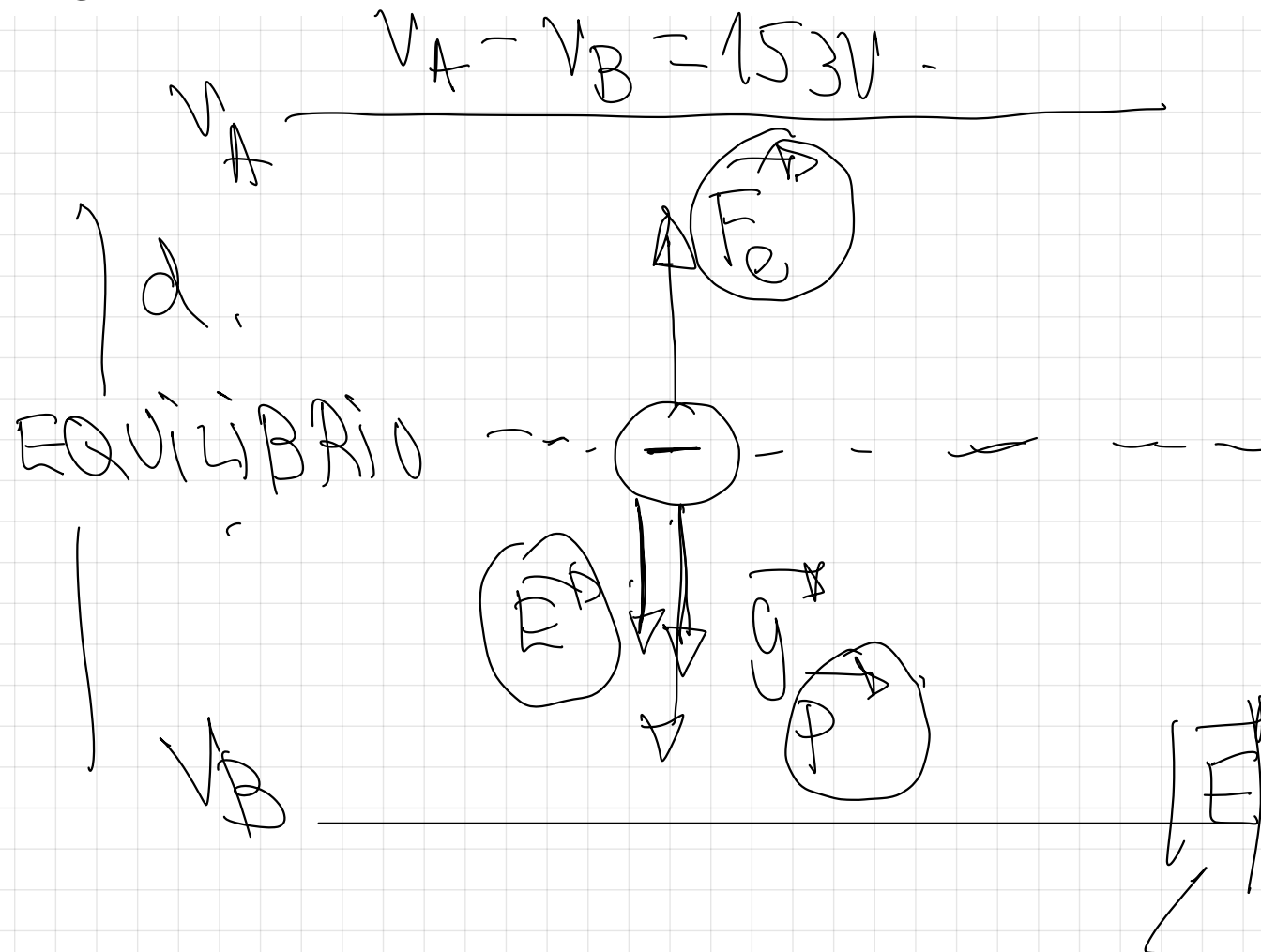
$$|E| = 25872 \cdot \frac{N}{m \cdot C}$$

47.- Una partícula de $1 \cdot 10^{-11}$ g de masa posee una carga de 20 electrones y se encuentra en equilibrio entre dos placas paralelas, horizontales, con una diferencia de potencial de 153 V. Suponiendo el campo eléctrico uniforme:

a) ¿Cuánto distan las placas?

b) Si la diferencia de potencial entre las placas pasa a ser de 155 V, calcular en qué sentido y con qué aceleración se moverá la partícula, así como el espacio recorrido y la velocidad de la carga al cabo de 0,1 s

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$



$|F_e| = |P|$
EQUILIBRIO.

$|q| \cdot |E| = m \cdot g$

$|E| = \frac{m \cdot g}{q} = \frac{10^{-14} \text{ Kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{20 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}$

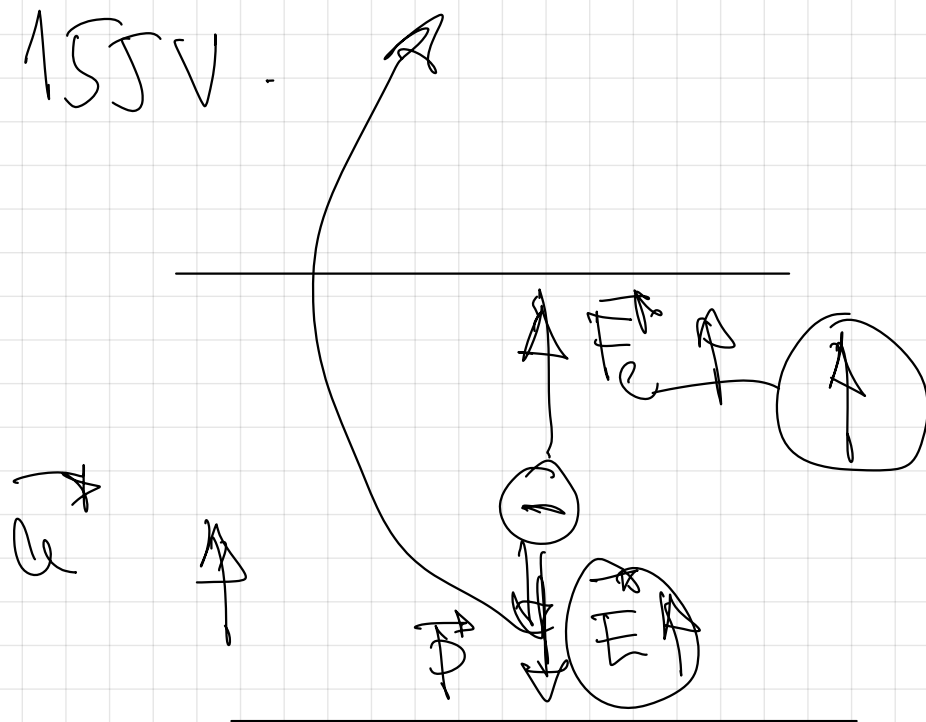
- Magnitud vectorial: $E = 3'06 \cdot 10^4 \text{ N/C}$
- módulo (numero)
 - Dirección y sentido
- $\vec{E} = -3'06 \cdot 10^4 \hat{y} \text{ (N/C)}$
- a parte!

$$\cancel{q} \cdot E \cdot d = \cancel{q} \cdot (V_A - V_B)$$

$$d = \frac{(V_A - V_B)}{E} = \frac{153}{3'06 \cdot 10^4} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$(V_A - V_B) = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} \rightarrow \text{misma}$$

155V.



Se mide en sentido
acordeante.

$$|\vec{F}| = |q| \cdot |\vec{E}|.$$

$$V_A - V_B = 155 \text{ V.}$$

$$(V_A - V_B) = [E] d.$$

↓
nuevo campo

$$E = \frac{(V_A - V_B)}{d} = \frac{155}{5 \cdot 10^{-3}} = 31 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C.}}$$

↓
No está en reposo

$$|\vec{F}_e| > |\vec{P}|.$$

2. leg de Newton

$$F_{\text{resultante}} = m \cdot a \quad \text{etc.}$$

$$F_e - \boxed{P} = m \cdot a \quad \text{etc}$$

MRSA.

$$|g| \cdot |E| - P = m \cdot a$$

$$a = \frac{|g| \cdot |E| - P}{m} = \frac{20 \cdot 16 \cdot 10^{-19} - 3 \cdot 1 \cdot 10^{-14}}{1 \cdot 10^{-14}} = 12 \text{ N/S}^2$$

$t = 0.1 \text{ s}$ cinemática: MRVA

$v = v_0 + a \cdot t = 0 + 0.12 \cdot 0.1 = 0.012 \text{ m/s}$

$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} 0.12 \cdot (0.1)^2 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

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

20.- Dos partículas con carga $q_1 = -2\mu\text{C}$ y $q_2 = -1\mu\text{C}$ están separadas por una distancia $d=0,5\text{ m}$

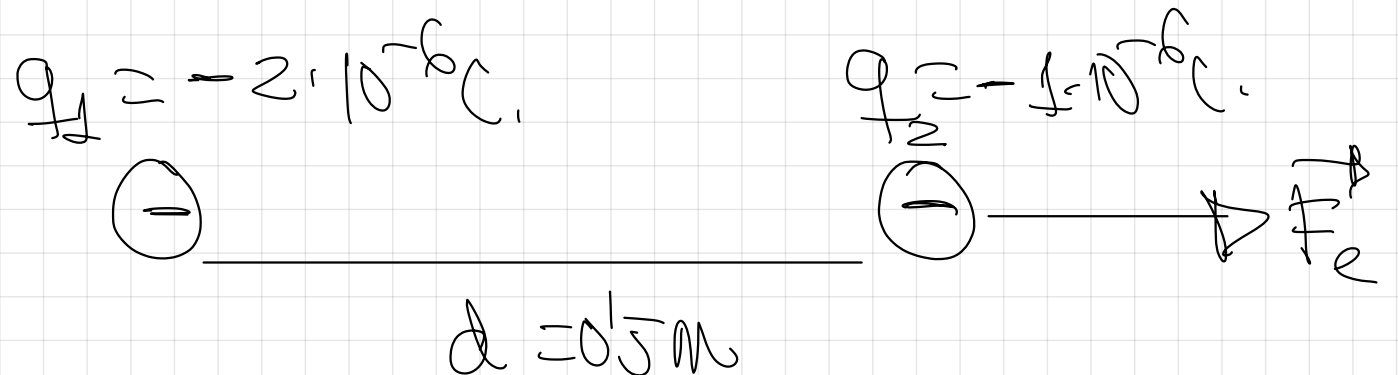
a) Calcula la fuerza que actúa sobre la segunda, así como la energía potencial electrostática

b) Si q_2 se mueve bajo la acción del campo partiendo del reposo, explicar si aumentará o disminuirá su energía potencial

c) Calcular su energía cinética cuando se haya desplazado $0,2\text{ m}$ respecto a su posición inicial. ¿Cuánto trabajo habrá realizado hasta entonces el campo eléctrico?

d) ¿Cuánto trabajo realizará el campo eléctrico para desplazar la carga q_2 desde su posición inicial hasta el infinito?. Comentar el resultado obtenido

$g = 10\text{ m s}^{-2}$



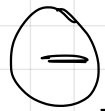
Magnitud vectorial, primero módulo, luego dirección y sentido

$$F = K \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{(0.5)^2} = 7.2 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

$$\vec{F} = +7.2 \cdot 10^{-2} \vec{e}_x \text{ (N)}$$

b)

$$q_1 = -2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$



$$q_2 = -1 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$



$$d = 0.5 \text{ m}$$

$W_{A \rightarrow B} > 0$ El desplazamiento es espontáneo

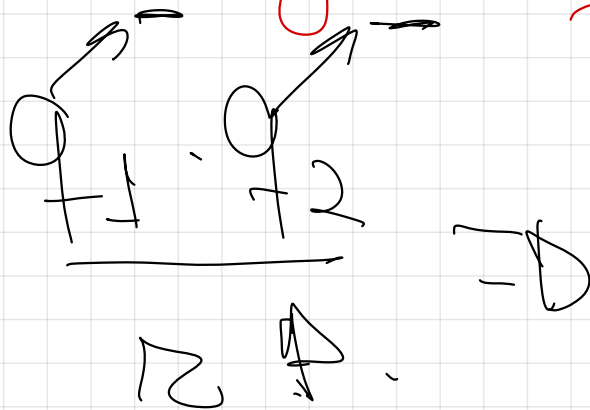
$$\Delta E_p = W_{A \rightarrow B} = \Delta E_c \xrightarrow{A \rightarrow B}$$

La E_p eléctrica disminuye, la E_c aumenta.

¡OJO!

Este campo eléctrico no es uniforme, lo crea la única carga q_1 .

$$\Delta E_p = K \cdot$$

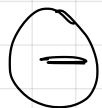


Cuando q_2 se aleja la E_p eléctrica

c)

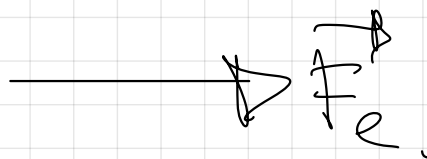
diskriminieren

$$q_1 = -2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

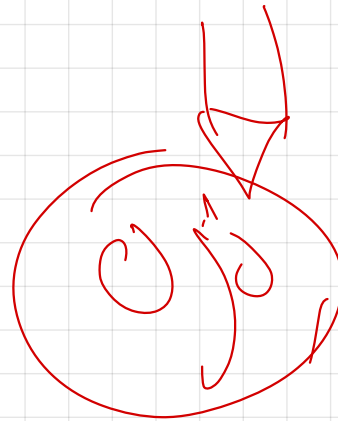
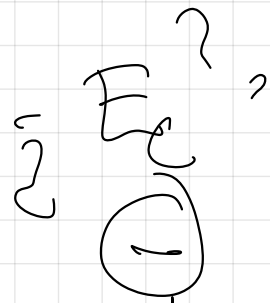


$$d = 0.15 \text{ m}$$

$$q_2 = -1 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$



$$0.2 \text{ m}$$



so es wirkt an,

$$\Delta E_{PA \rightarrow PB} = \Delta E_{EA \rightarrow PB}$$

$$-(E_{PB} - E_{PA}) = E_{CB} - E_{CA} \rightarrow 0, \quad U_A = 0$$

$$E_{PA} - E_{PB} = E_{CB}$$

$$K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d} - K \cdot \frac{q_1' \cdot q_2}{d'} = E_{CB}$$

$$E_{CB} = 9 \cdot 10^9 \cdot \underbrace{(-2 \cdot 10^{-6} \text{ C}) \cdot (-1 \cdot 10^{-6} \text{ C})}_{0.5} - 9 \cdot 10^9 \cdot \underbrace{(-2 \cdot 10^{-6}) \cdot (-1 \cdot 10^{-6})}_{0.7}$$

↗ escalon ↗

$$E_C = 11 \cdot 10^{-2} \text{ J.}$$

$$W_{A \rightarrow B} = \Delta E_{C_{A \rightarrow B}} = E_B - E_A = 11 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

d)

$$W_{A \rightarrow \infty} = -\Delta E_{P_{A \rightarrow \infty}}.$$

$$W_{A \rightarrow \infty} = - (E_{P\infty} - E_{PA})$$

$$W_{A \rightarrow \infty} = E_{PA}.$$

$$W_{A \rightarrow \infty} = 3.6 \cdot 10^{-2} \text{ J.}$$

→ magnitud escalar, cada carga
con su signo

$$E_p = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(-2 \cdot 10^{-6}) \cdot (-1 \cdot 10^{-6})}{0.5}$$

$$E_p = 3.6 \cdot 10^{-2} \text{ J.}$$

Podemos, definir entonces a la E_p eléctrica
también como el trabajo realizado
para llevar a la carga desde
su posición al ∞ .

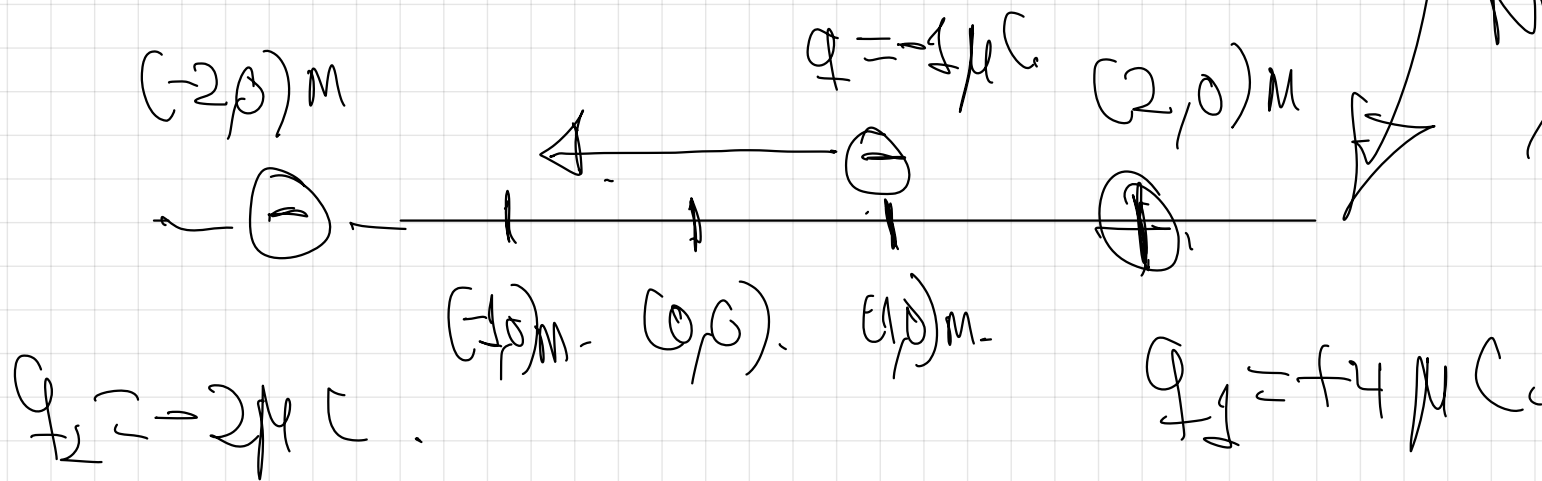
24.- Dos cargas eléctricas puntuales de $4\mu\text{C}$ y $-2\mu\text{C}$ cada una están situadas respectivamente en $(2,0)$ m y en $(-2,0)$ m, respectivamente

a) Calcula el trabajo necesario para transportar una carga $q = -1\mu\text{C}$ desde $(1,0)$ m a $(-1,0)$ m

b) Calcula la energía potencial de q en $(1,0)$ m y en $(-1,0)$ m

c) Calcula la variación de energía potencial de q en el desplazamiento descrito

~~$g = 10 \text{ m/s}^2$~~



¡OTRO!

No se puede
hacer por
campo
eléctrico
uniforme

Principio de superposición.

$$E_{P(q,0)M} = K \cdot \frac{q \cdot q_1}{r_1} + K \cdot \frac{q \cdot q_2}{r_2}$$

$$E_{P(-q,0)M} = K \cdot \frac{q \cdot q_1}{r_1} + K \cdot \frac{q \cdot q_2}{r_2}$$

$$W = - \Delta E_p \quad A \rightarrow B$$

→ Princípio da superposição

$$\begin{aligned} V_{(1,0)m} &= V_{q_1} + V_{q_2} = k \cdot \frac{q_1}{r_1} + k \cdot \frac{q_2}{r_2} = \\ &= 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{1} + 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-2 \cdot 10^{-6}}{3} = 3 \cdot 10^4 \text{ V.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{(-1,0)m} &= V'_{q_1} + V'_{q_2} = k \cdot \frac{q_1}{r'_1} + k \cdot \frac{q_2}{r'_2} = \\ &= 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{3} + 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-2 \cdot 10^{-6}}{1} = -6 \cdot 10^3 \text{ V.} \end{aligned}$$

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

$$W_{(1,0)m \rightarrow (-1,0)m} = -1 \cdot 10^{-6} (3 \cdot 10^4 - (-6 \cdot 10^3))$$

$$W = -0'036 \text{ J}$$

$$(1,0)m \rightarrow (-1,$$

Ⓜ) Si sabemos los potenciales, podemos calcular la E_p acudiendo a la expresión $V = \frac{E_p}{q}$
 $\Rightarrow E_p = q \cdot V$
 En magnitudes escalares sustituimos los signos.

$$E_{p(1,0)} = q \cdot V_{(1,0)} = -1 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^4 \Rightarrow 3 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

$$E_{p(-1,0)} = q \cdot V_{(-1,0)} = -1 \cdot 10^{-6} \cdot (-6 \cdot 10^3) = 6 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

$$c) \Delta E_p = E_{p(-1,0)} - E_{p(1,0)} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ J} - (-3 \cdot 10^{-2} \text{ J}) = 0'036 \text{ J} \Rightarrow \text{Lo que se ha incrementado la } E_p \text{ coincide con el trabajo hecho por la fuerza externa calculado en a)}$$

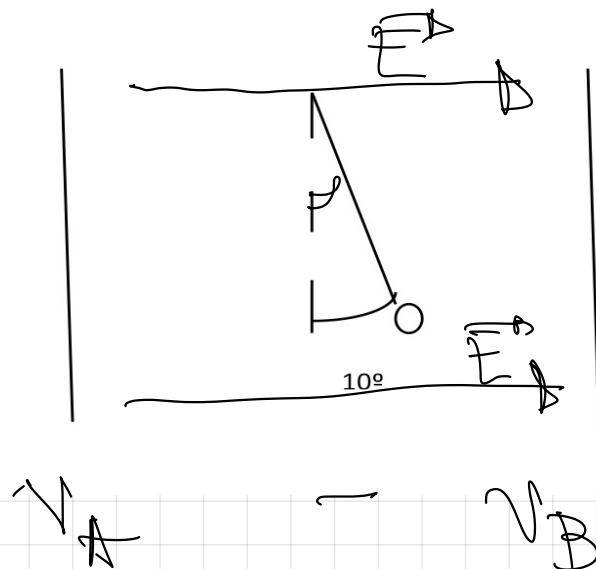
$$-\Delta E_{p_{A \rightarrow B}} = W_{A \rightarrow B} = -0'036 \text{ J}$$

$$\Delta E_{p_{A \rightarrow B}} = 0'036 \text{ J}$$

25.- El péndulo de la figura, cuya masa es una esfera de 2g, cuelga de un hilo en el interior de dos placas cargadas eléctricamente con igual carga de signo opuesto, siendo la separación entre las placas de 10 cm.

Calcular la diferencia de potencial entre las placas sabiendo que el hilo forma un ángulo de 10° con la vertical y que la carga de la esfera es de 10 nC

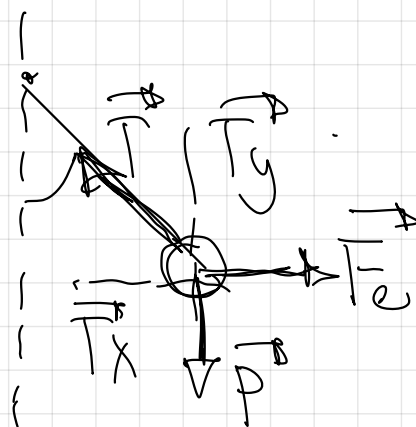
El campo eléctrico en el interior de las placas se supone constante. Dato: $g=9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$



Calcula $\vec{E}$

$\vec{E}$ uniforme,

$$(V_A - V_B) = E \cdot d$$



43

M $\Rightarrow$ $E_{\text{paritativa}}$

F $\Rightarrow$ E_{elitica}

