

CAMPO ELÉCTRICO

Propiedades fundamentales de la carga.

- Conservación de la carga.

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

$$Q = \pm ne$$

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

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

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

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

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

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

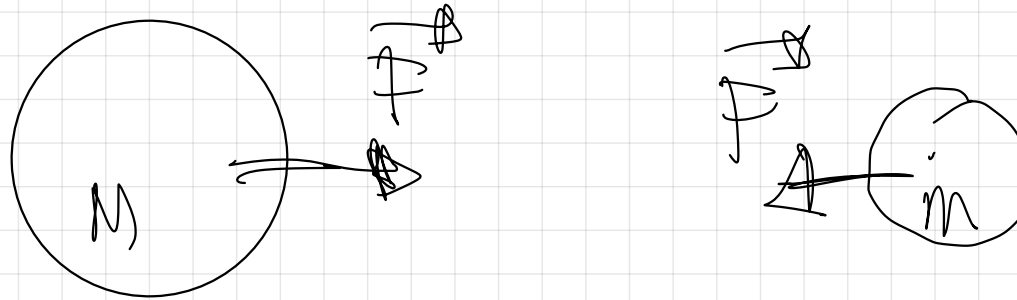
$$\text{Al}^{3+} \quad 3 \cdot (+16 \cdot 10^{-19} \text{ C})$$

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

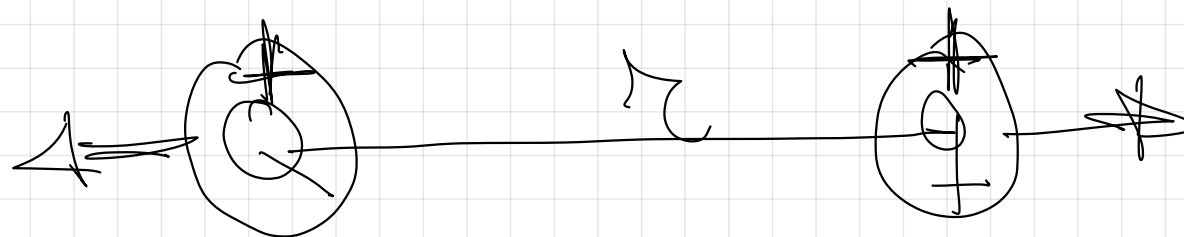
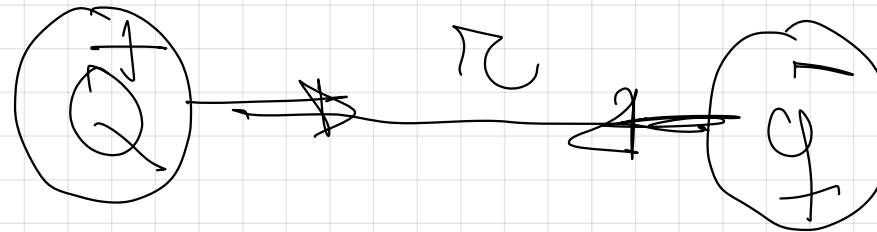
~~$$\text{Mg}^{2+} \quad 2 \cdot (+16 \cdot 10^{-19} \text{ C})$$~~

$-$ $\neq$ 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.

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

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

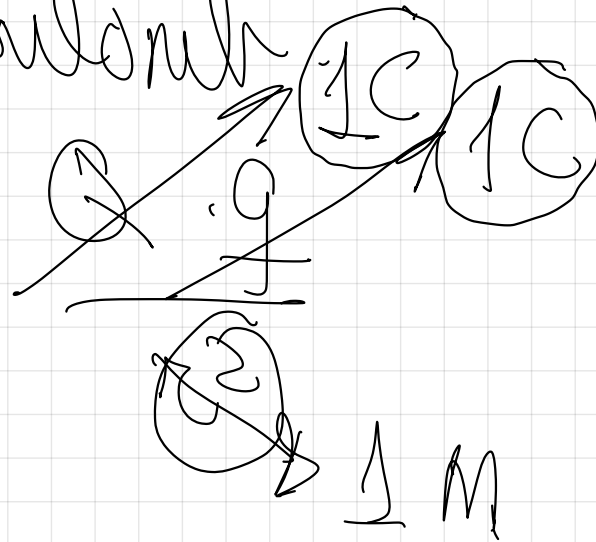
Es mayor que G y depende del medio.



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

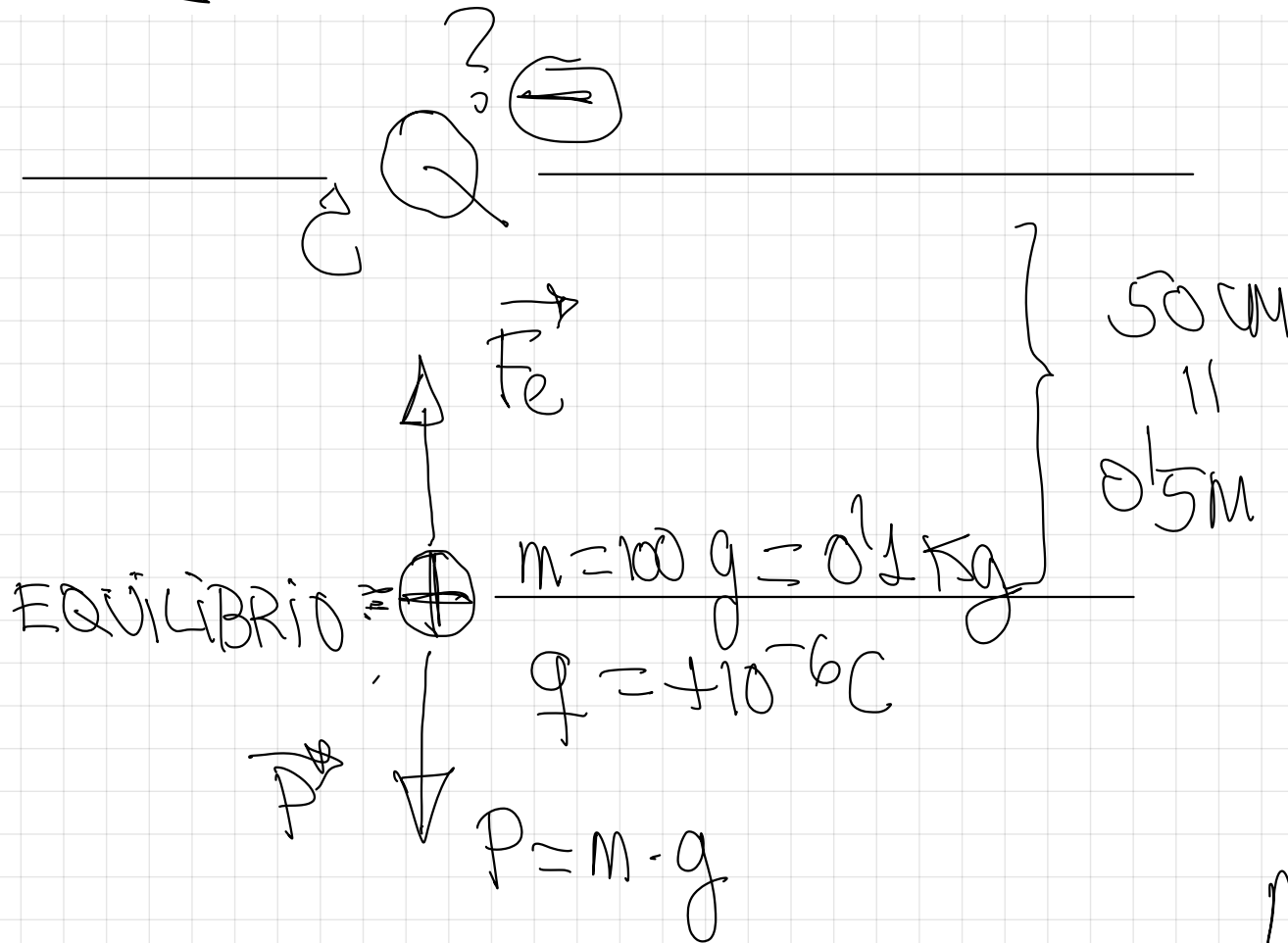
microcoulombio

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 $Q = \ominus 2.7 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.

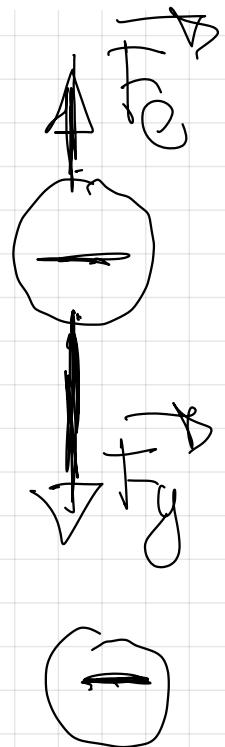
2.- Se sitúa en el origen de coordenadas del espacio vacío un cuerpo puntual de masa 10 Kg y con una carga eléctrica de -1nC. En el punto (0,1)m se sitúa otro cuerpo puntual de masa 20 Kg y carga eléctrica -100 pC.

- 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)?

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

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

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



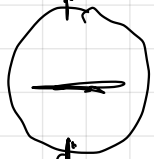
G. Univ.

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

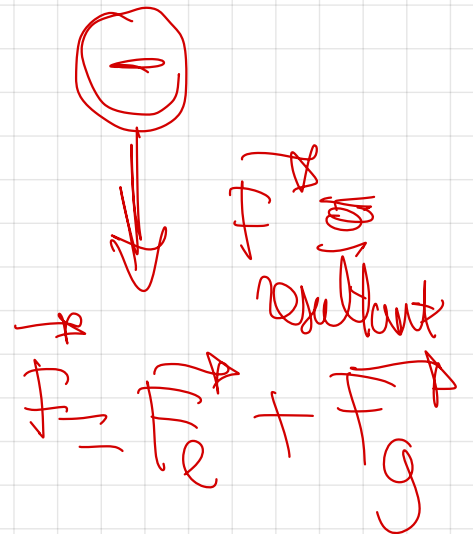
L. Coulomb

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

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



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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

c) la distancia
que separa a
ambas partículas

$$F_e = 0.068 F_g$$

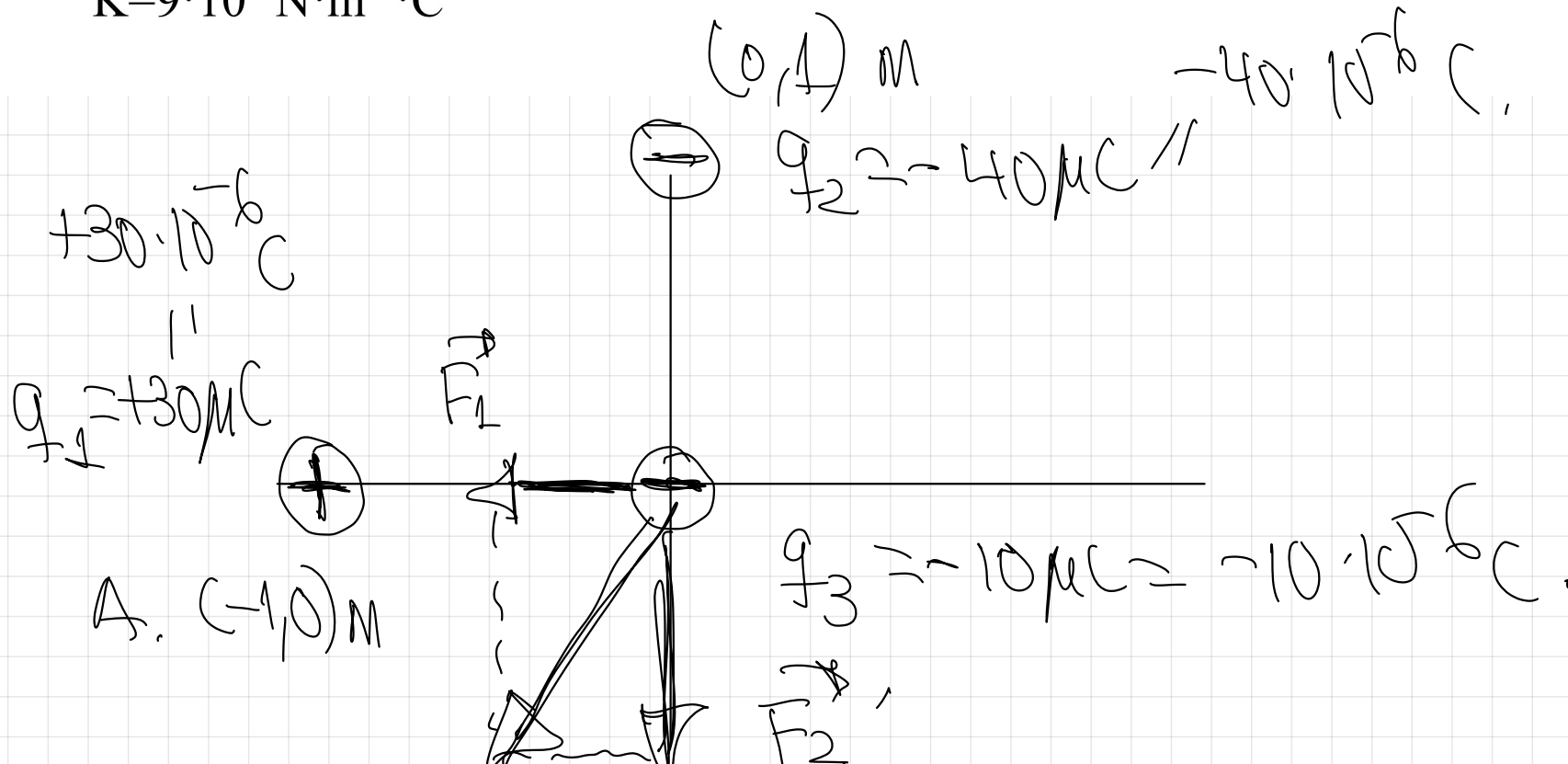
no influye en la velocidad.

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

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

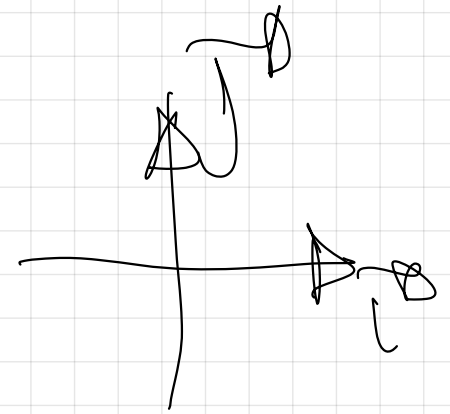


$$\boxed{\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2} \quad \text{Principio de superposición.}$$

¡ 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

el sentido.

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



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

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



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



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

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

ley de Coulomb.

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

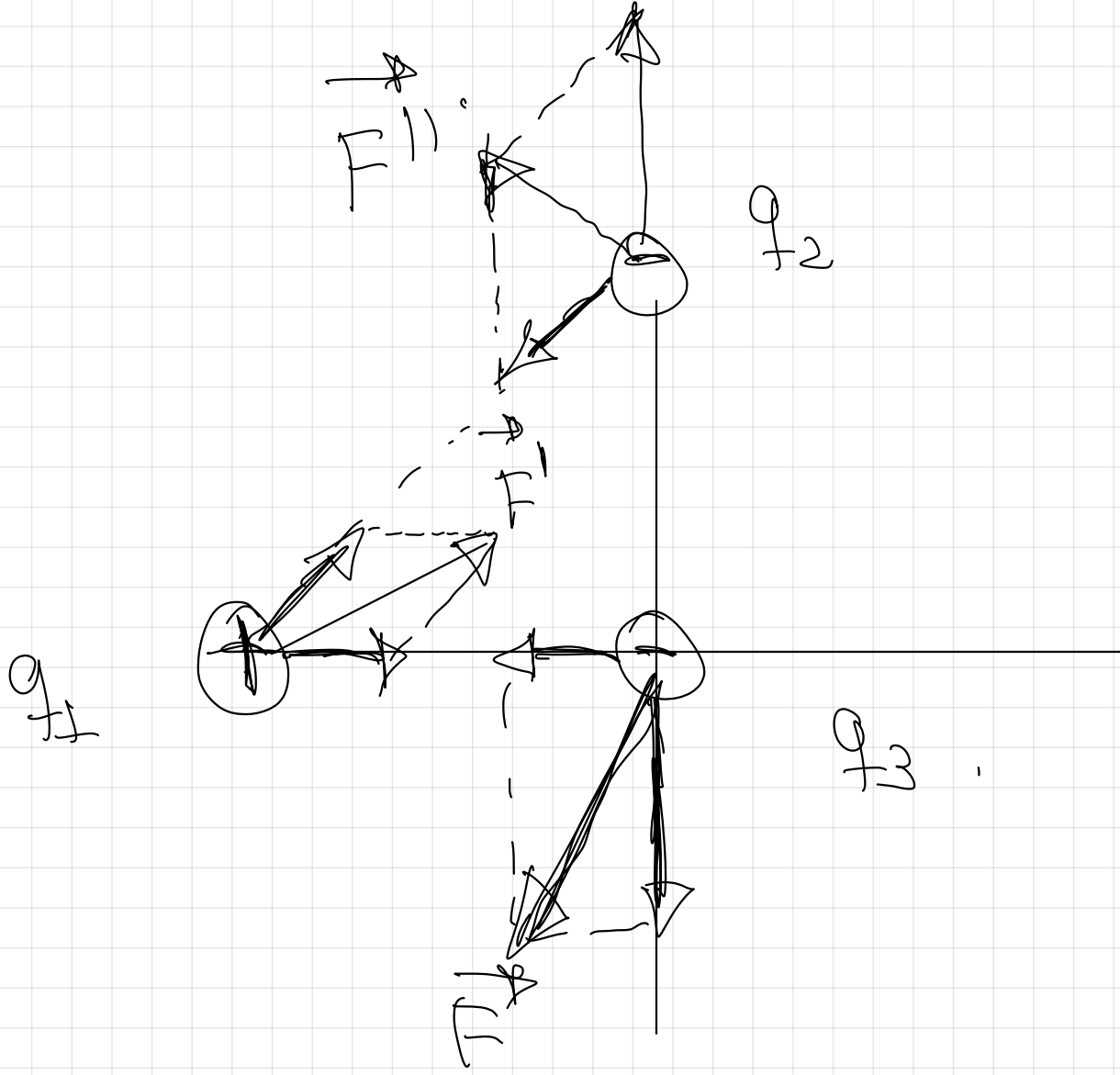
$$|\vec{F}| = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{30 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{r^2} = 2.7 \text{ N}$$

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

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

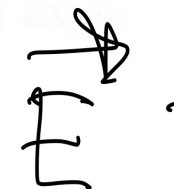
$$\vec{F} = -3.6 \vec{j}^* (\text{N})$$

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

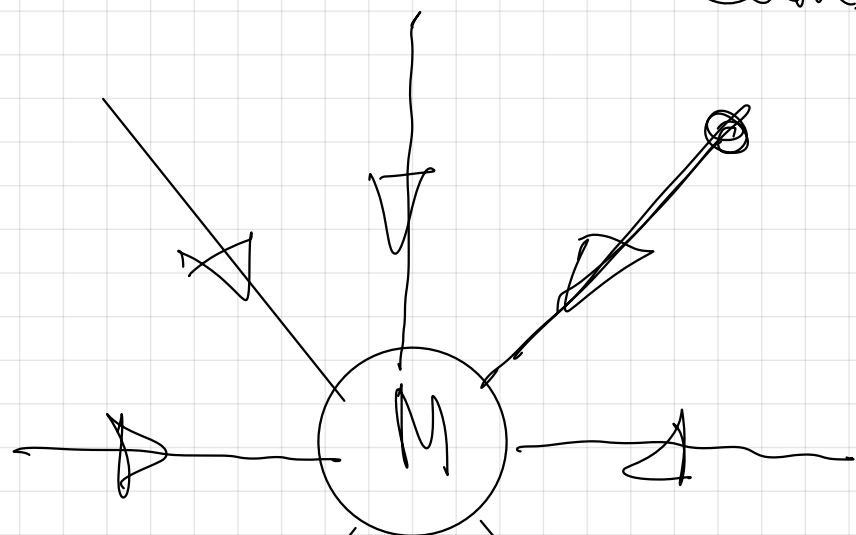


$$\mathbf{r} = \sum \mathbf{r}_i$$

4.- EL CAMPO ELÉCTRICO. INTENSIDAD DEL CAMPO ELÉCTRICO



líneas de campo.

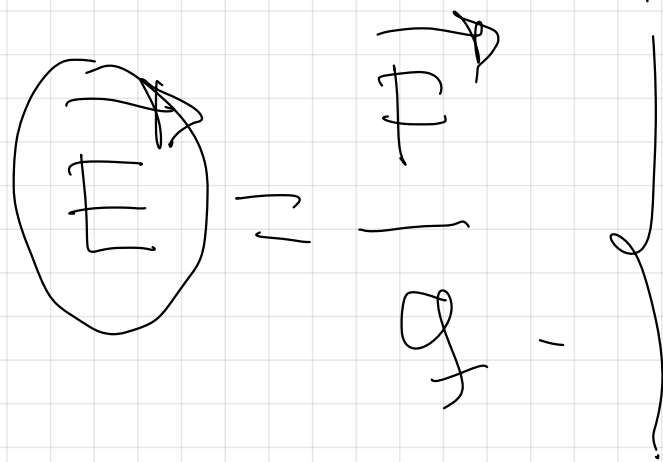
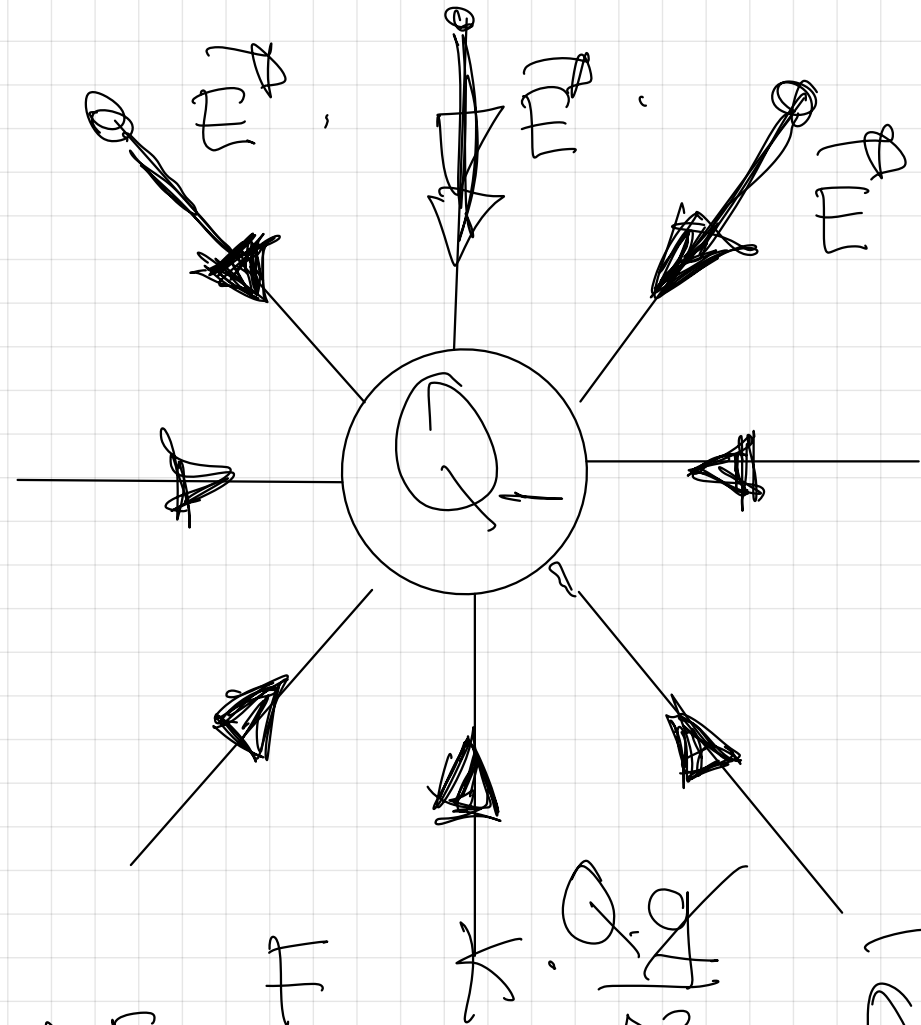
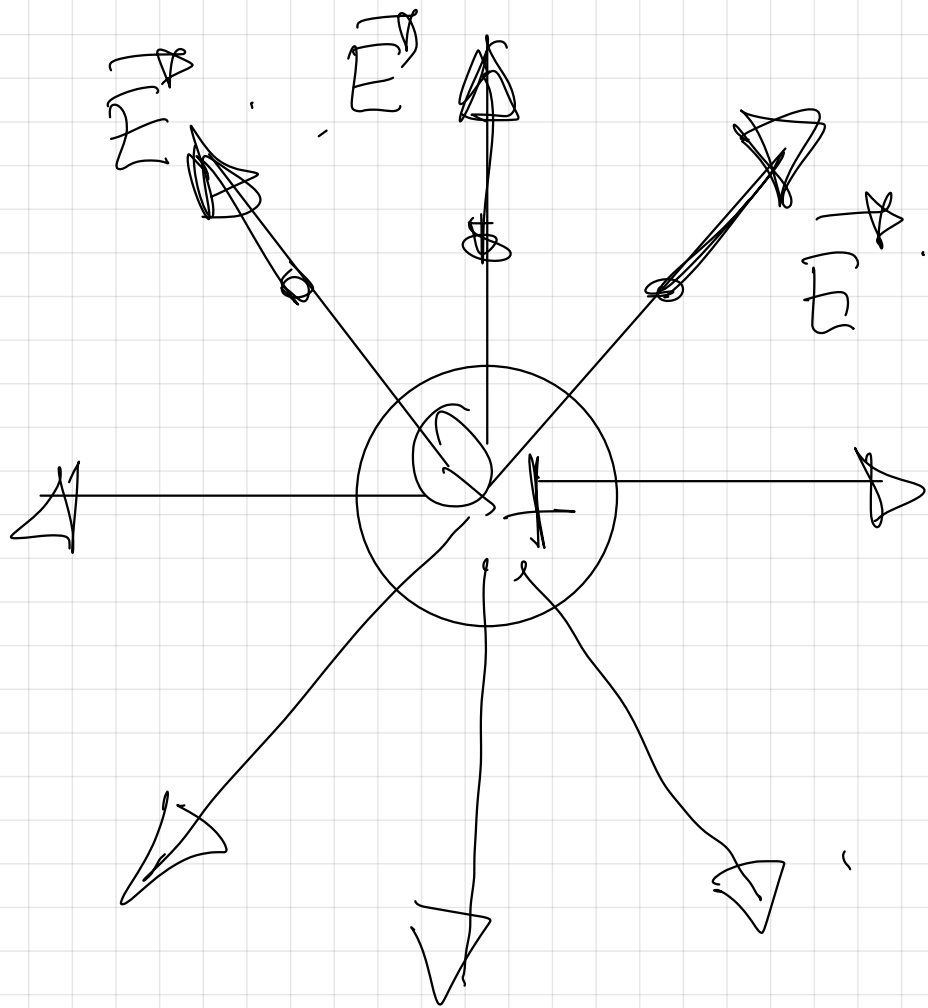


líneas de campo elect.

hipotéticas trayectorias
que equivaldría una
carga positiva

abandonado en reposo
en el campo.

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

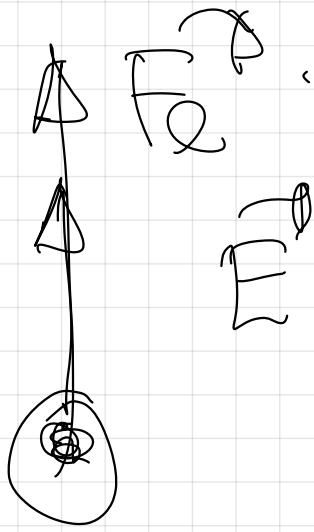


- módulo $\Rightarrow E = \frac{F}{q} \Rightarrow \frac{k \cdot Q \cdot q}{r^2}$
 - dirección $\left(\frac{N}{C} \text{ en S.I.} \right) \Rightarrow k \cdot \frac{Q}{r^2}$
 tangente en cada pto a las

líneas de campo.

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



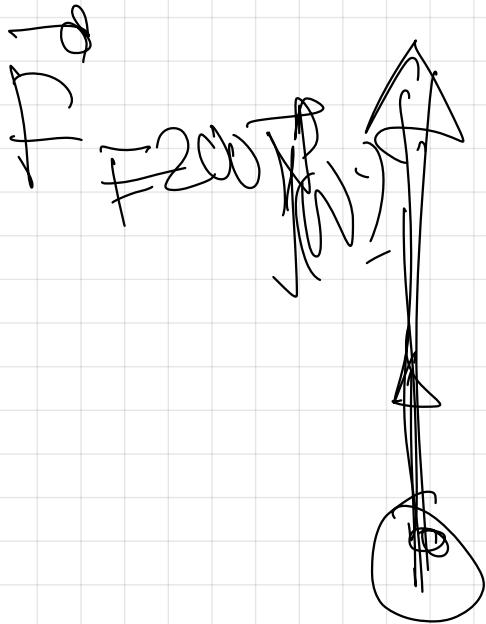


$$E = 100 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

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

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

$$F = q \cdot E$$



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

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

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

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

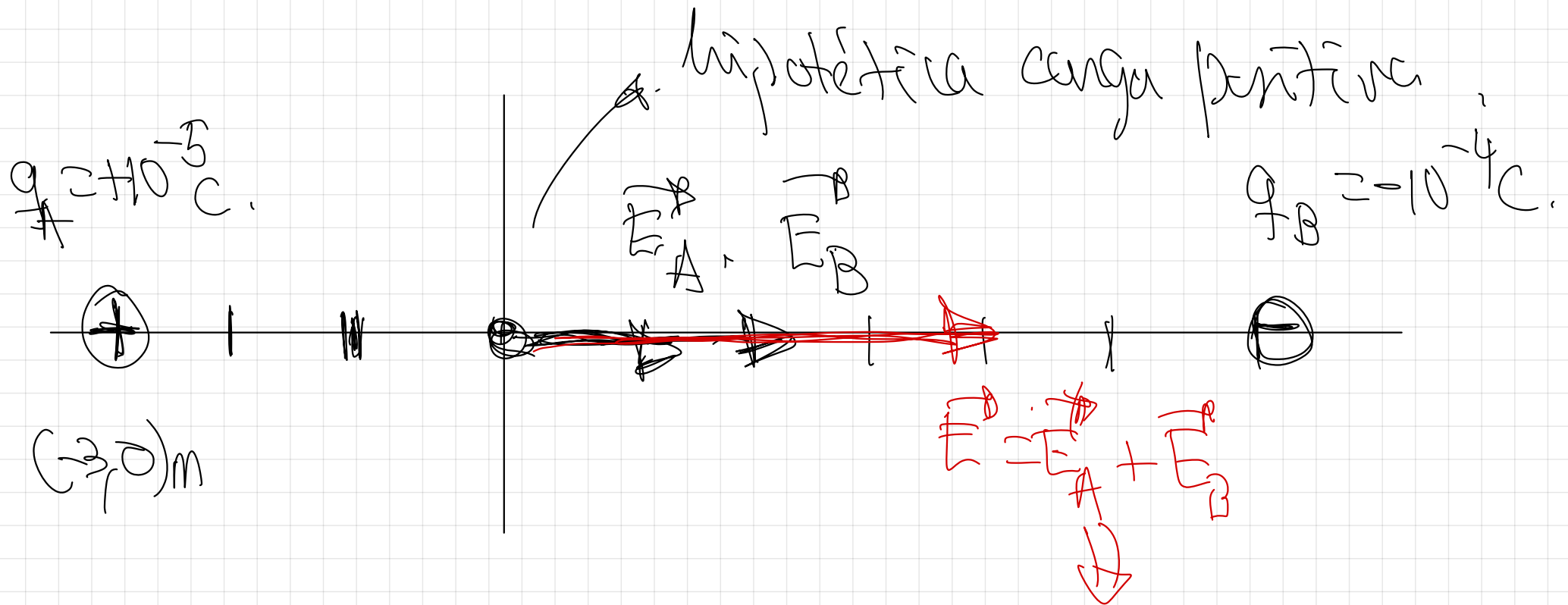
$$F = q \cdot E = 200 \text{ N}$$

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

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)

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

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

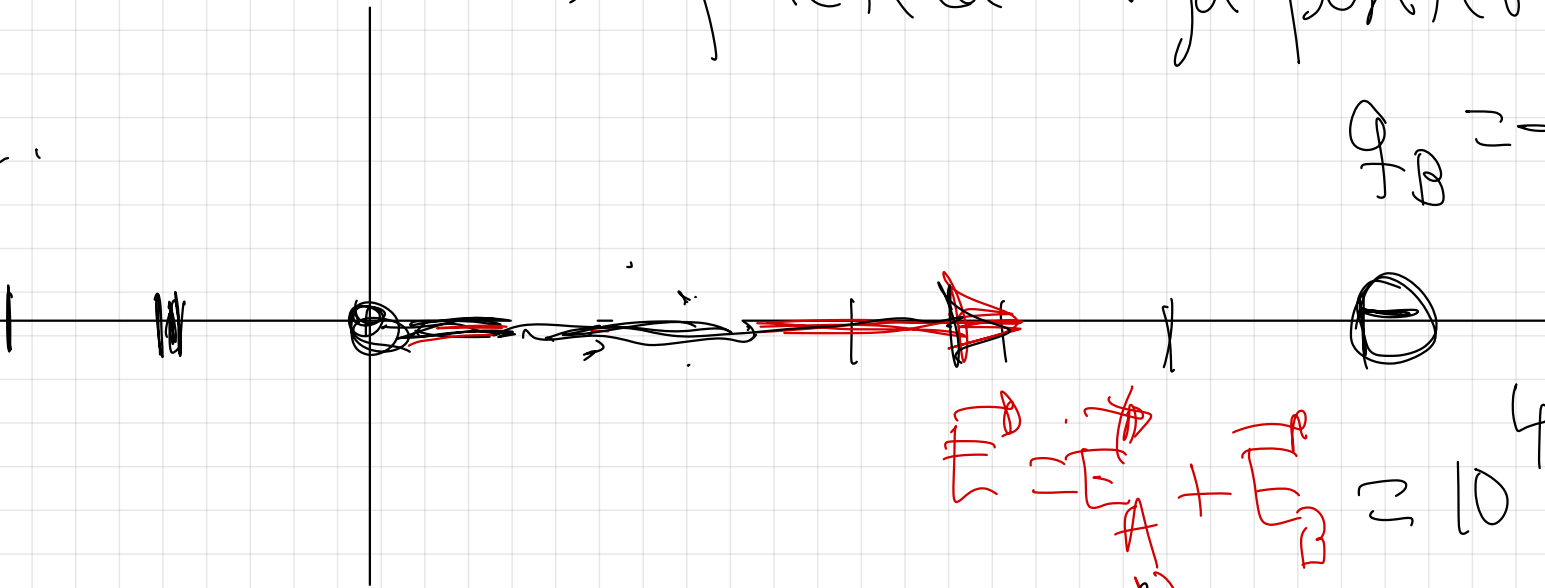
$$|\vec{E}_B| = k \cdot \frac{|q_B|}{r_B^2}$$

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

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

hipotética carga positiva

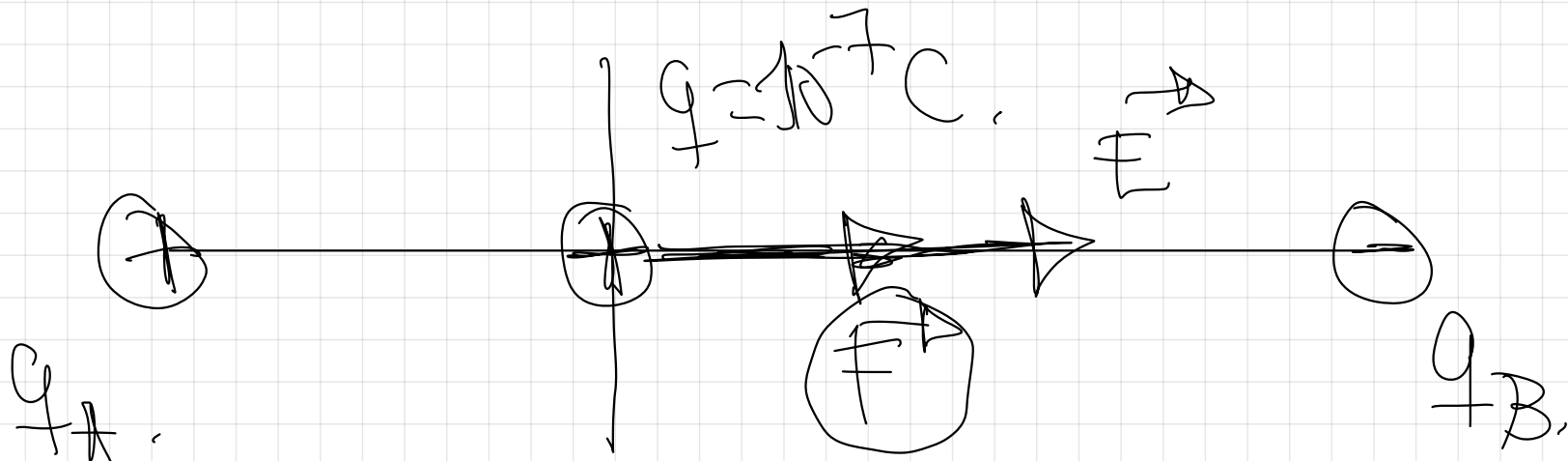
$$q_B = -10^{-4} \text{ C}$$



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

$$= 10^4 \text{ N/C} + 25 \cdot 10^4 \text{ N/C}$$

$$\vec{E} = 35 \cdot 10^4 \text{ N/C}$$



¡OJO!

magnitud vectorial
primero módulo y
después dirección
y sentido.

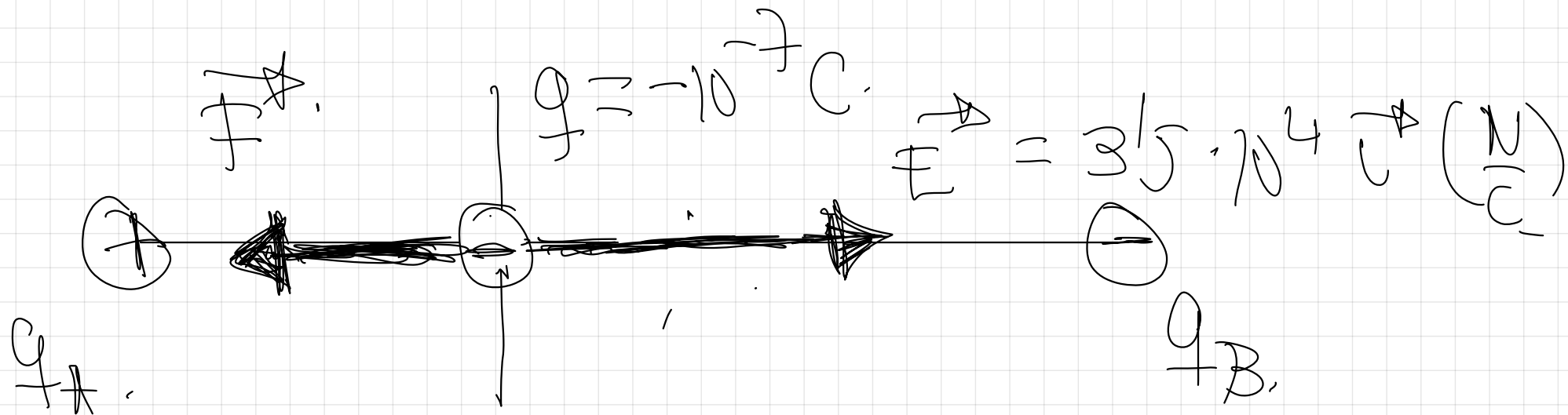
$$|\vec{F}| = (19) \cdot |\vec{E}|$$

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

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

¡OJO!, las cargas positivas q

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



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

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

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

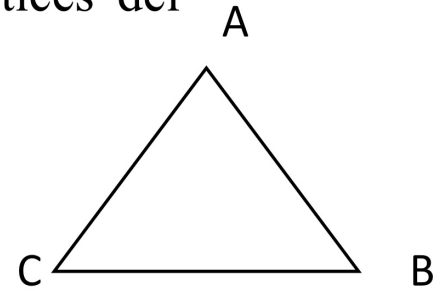
¡OJO! Las cargas negativas experimentan una fuerza en la misma dirección

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

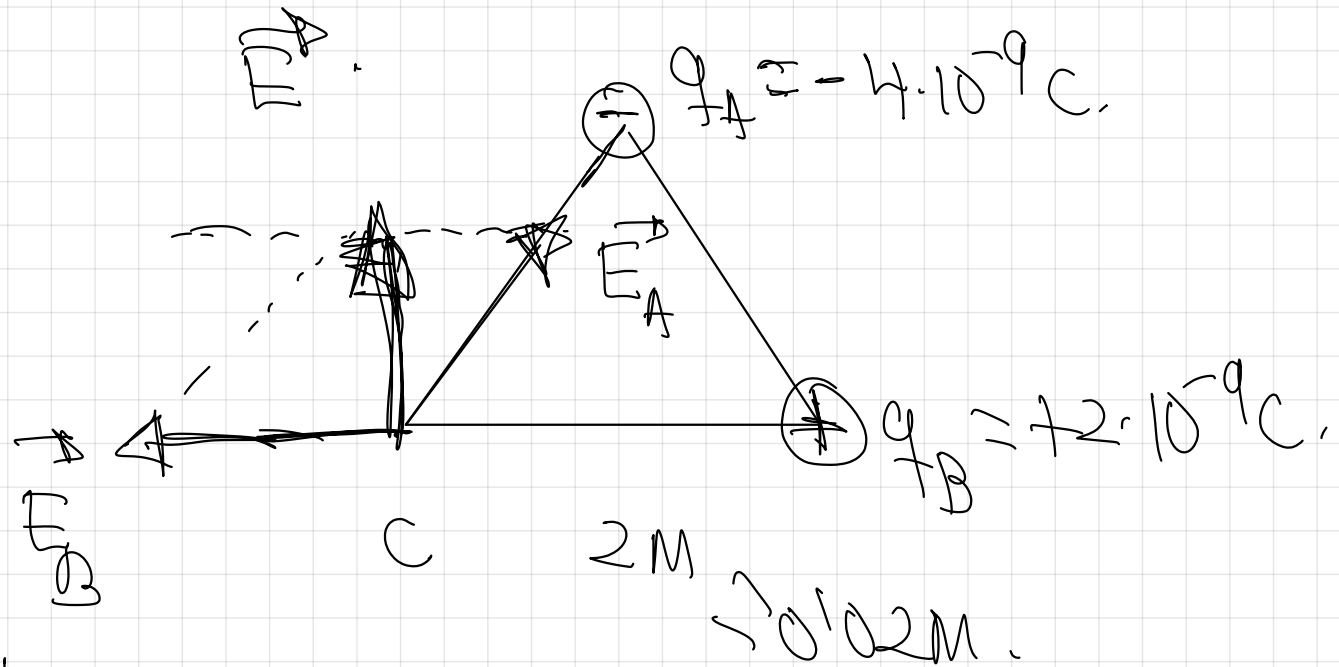
5.- Las cargas $q_A = -4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ y $q_B = +2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ están situadas en los vértices del triángulo equilátero de la figura, el cual posee 2 cm de lado

- 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.

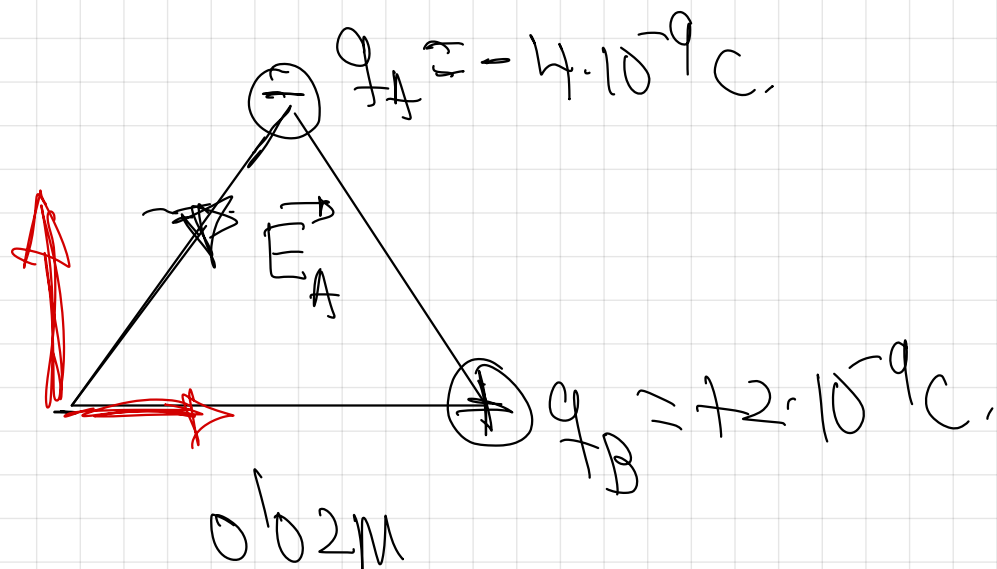


$$|E_B| = K \cdot \frac{|q_B|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-9}}{(0.02)^2} = 4.5 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



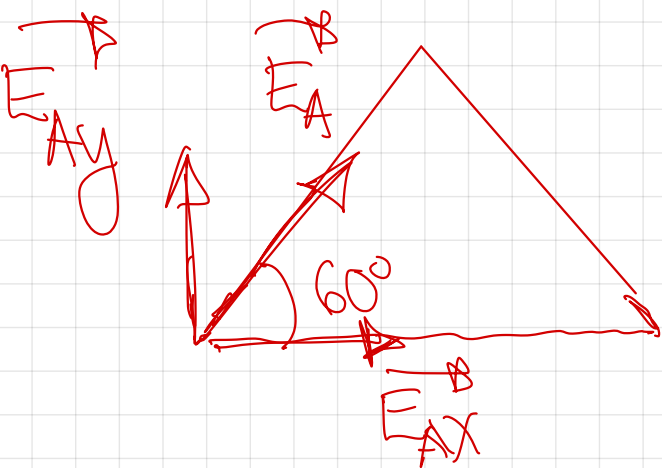
Después asigno dirección y sentido

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



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

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



Descompongo

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

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

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

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

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

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

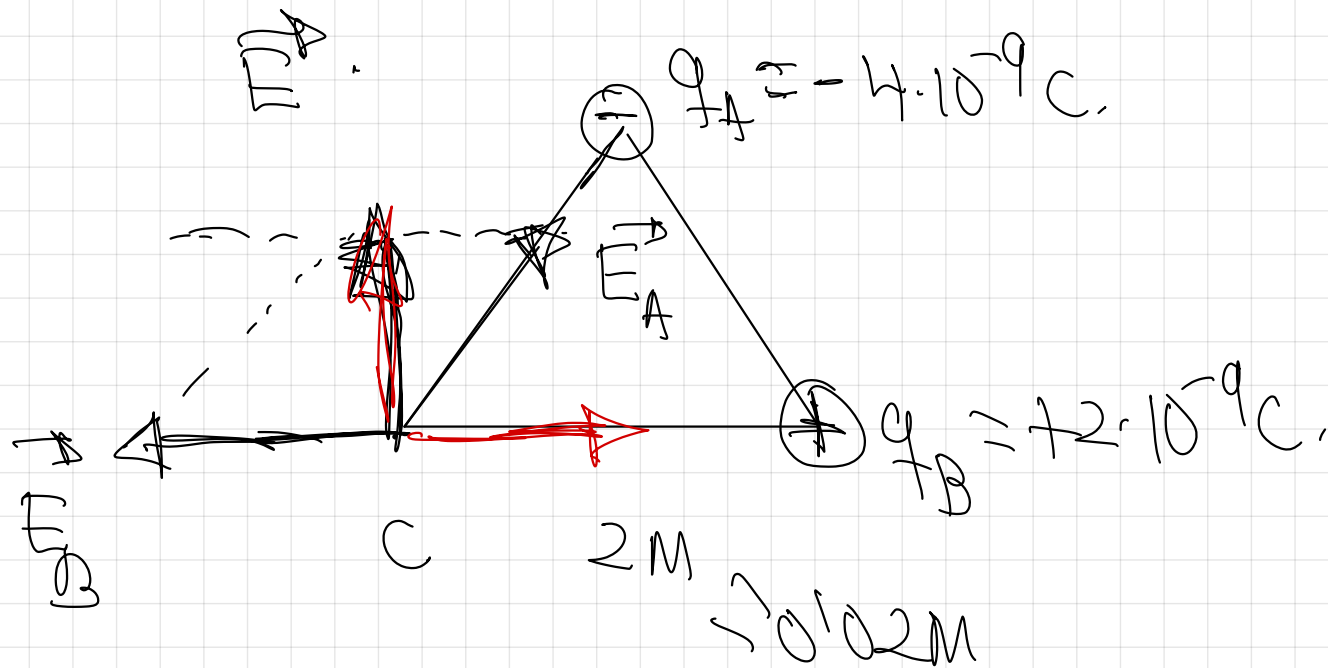
$$\boxed{\vec{E}_A = +4.5 \cdot 10^4 \vec{x} + 7.8 \cdot 10^4 \vec{y} \left(\frac{N}{C} \right)}$$

pour g

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

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

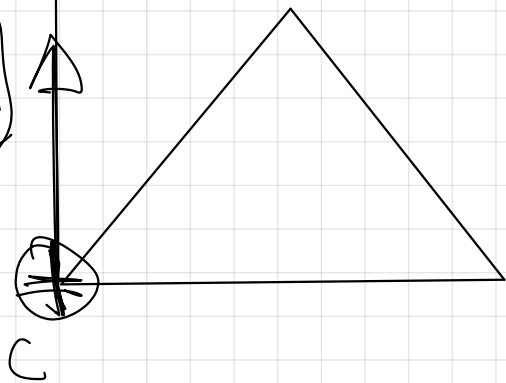
$$\vec{E} = +78 \cdot 10^4 \vec{e}_y \left(\frac{N}{C} \right)$$



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

b)

$$q = 1 \mu C$$

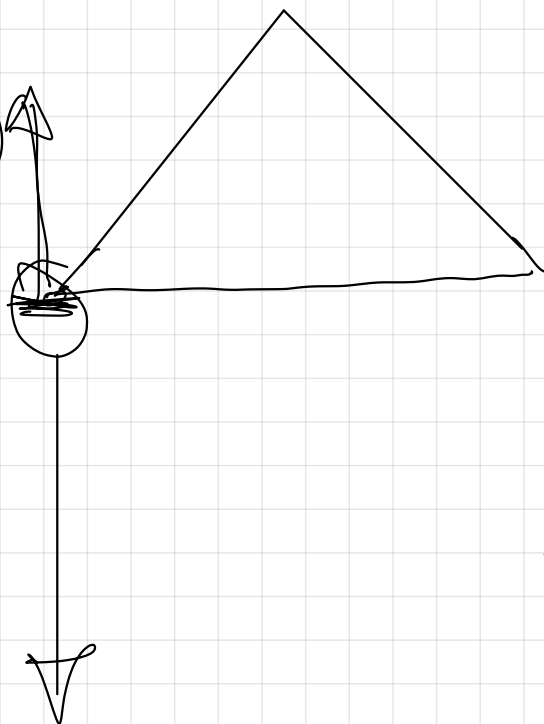


Cargas positivas experimentan una fuerza en la misma dirección y el mismo sentido que $\vec{E}$.

c)

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

$$q = 2 \mu C$$



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

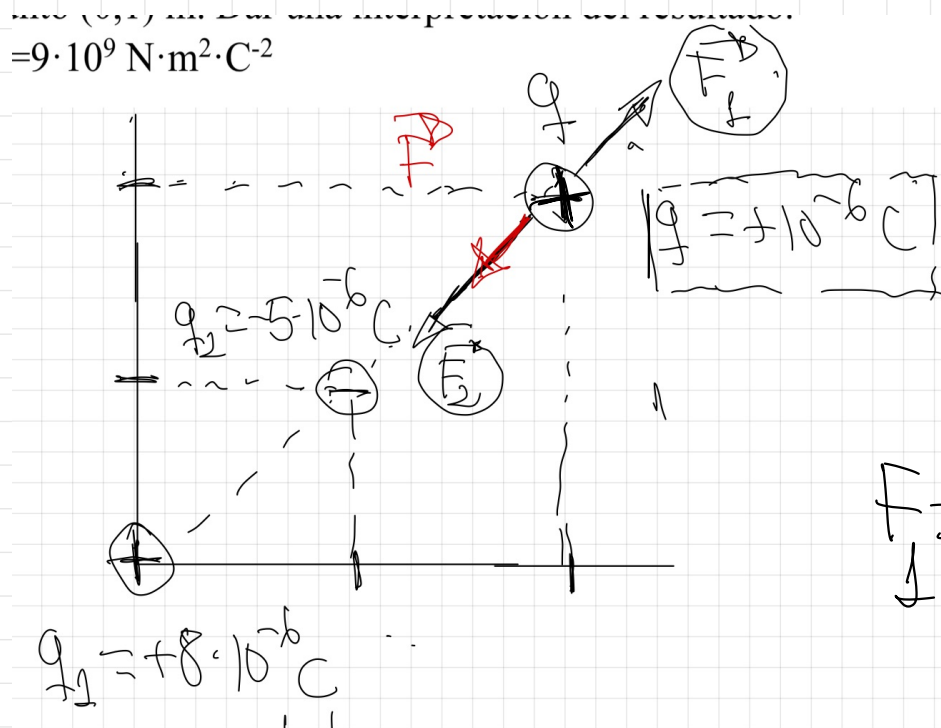
$$= 2 \cdot 10^{-6} C \cdot 78 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

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

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

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 $(2,2) \text{ m}$



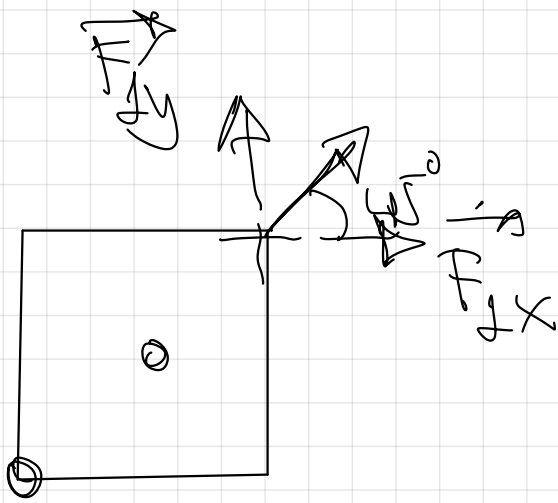
ley de Coulomb,

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

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

Descomponer

↓

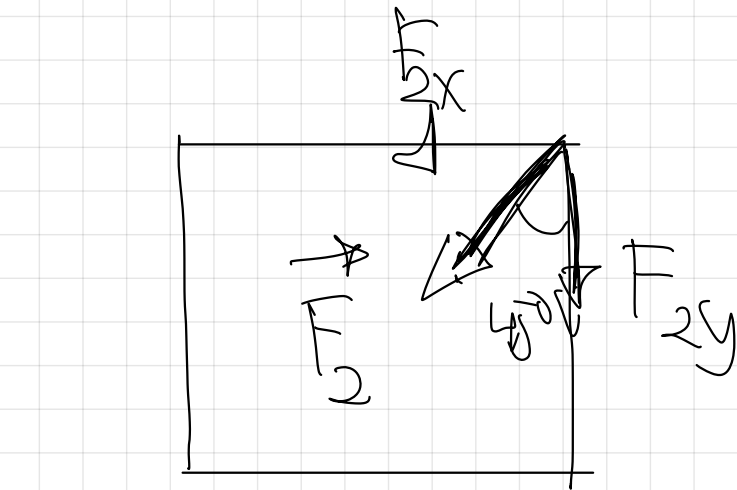
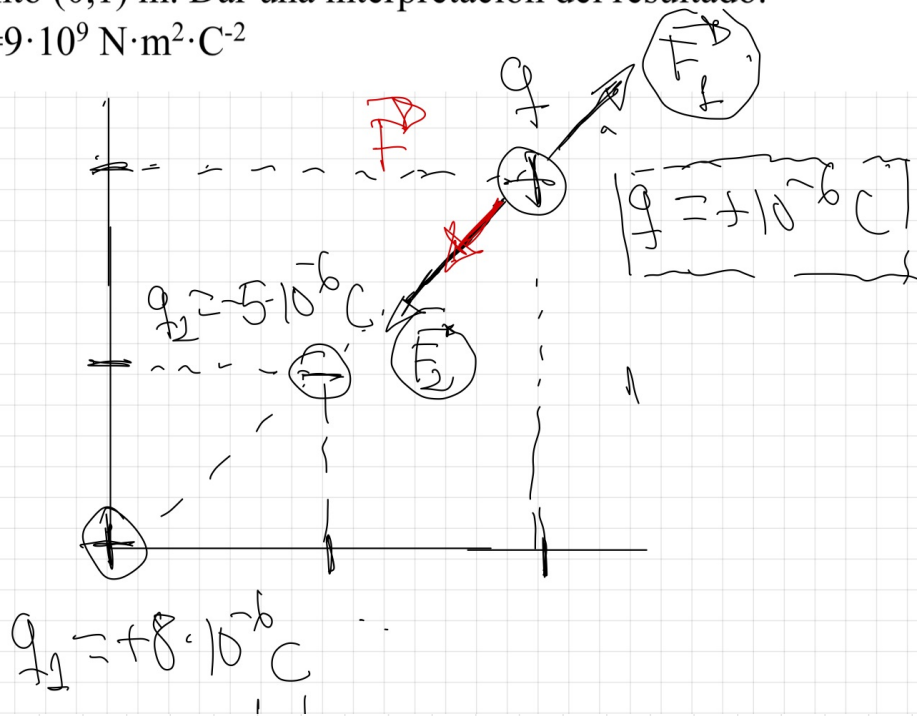


$$\sin 45^\circ = \frac{|\vec{F}_y|}{|\vec{F}|} \Rightarrow |\vec{F}_y| = |\vec{F}| \cdot \sin 45^\circ = 9 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 6.36 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

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

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

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



ley de Coulomb.

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

$$= 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-6}}{(\sqrt{8}/2)^2} = 2,25 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

Descompongo.

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

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

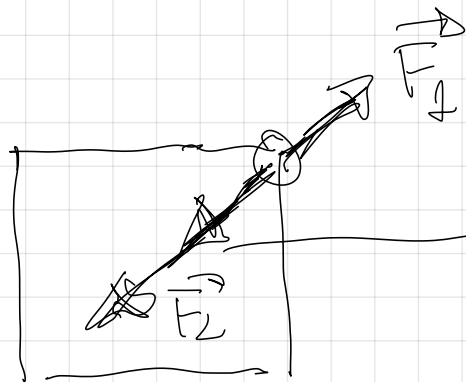
$$\cos 45^\circ = \frac{|\vec{F}_{2x}|}{|\vec{F}_2|} \Rightarrow |\vec{F}_{2x}| = 1,59 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

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

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

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

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

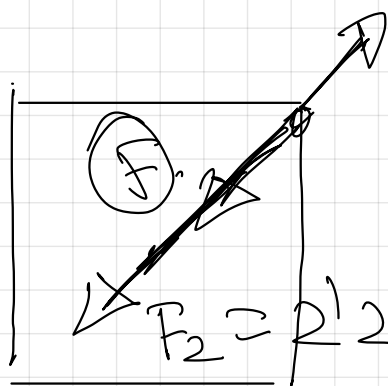


$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

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

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

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



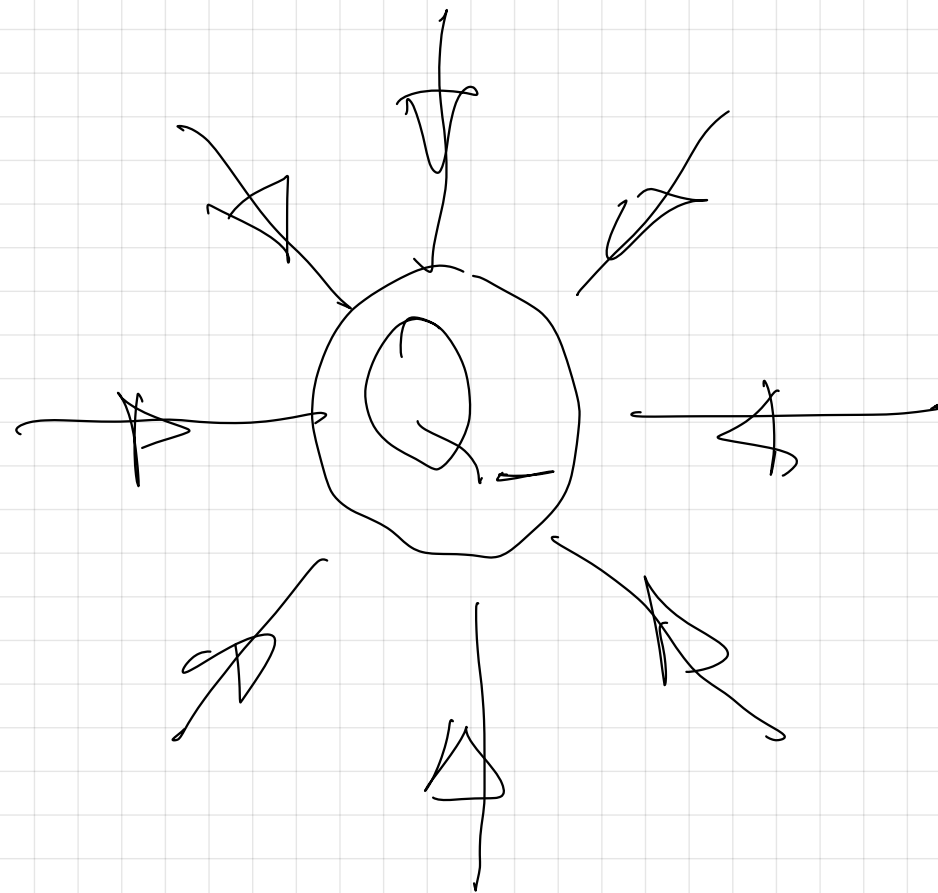
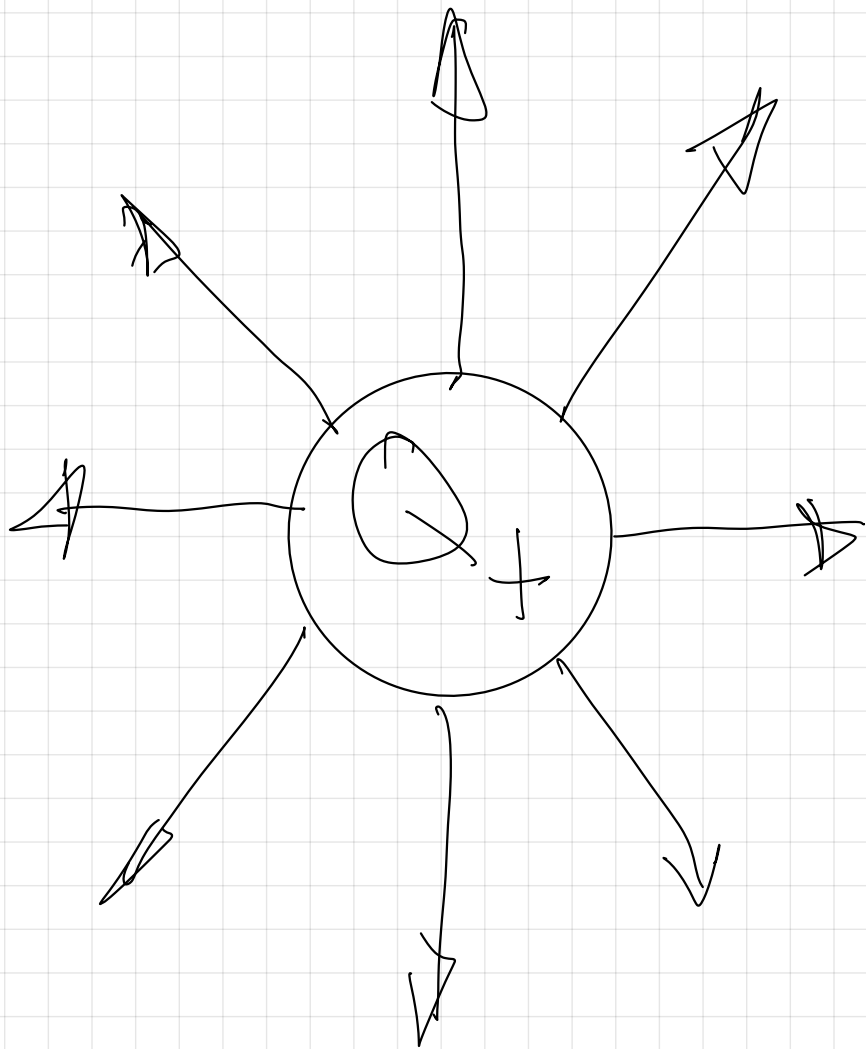
$$F_2 = 2125 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

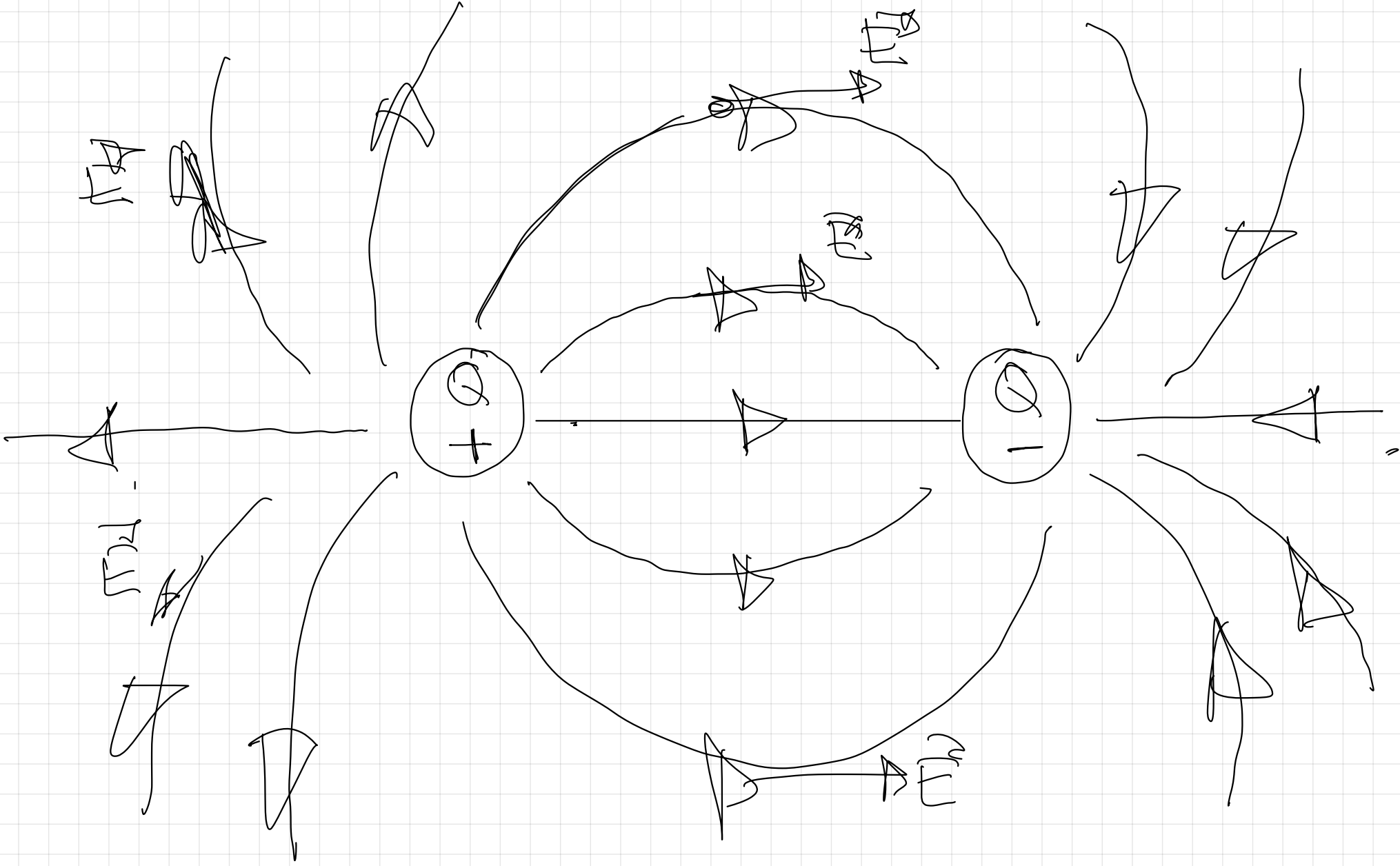
$$|\vec{F}| = |\vec{F}_2| - |\vec{F}_1|$$

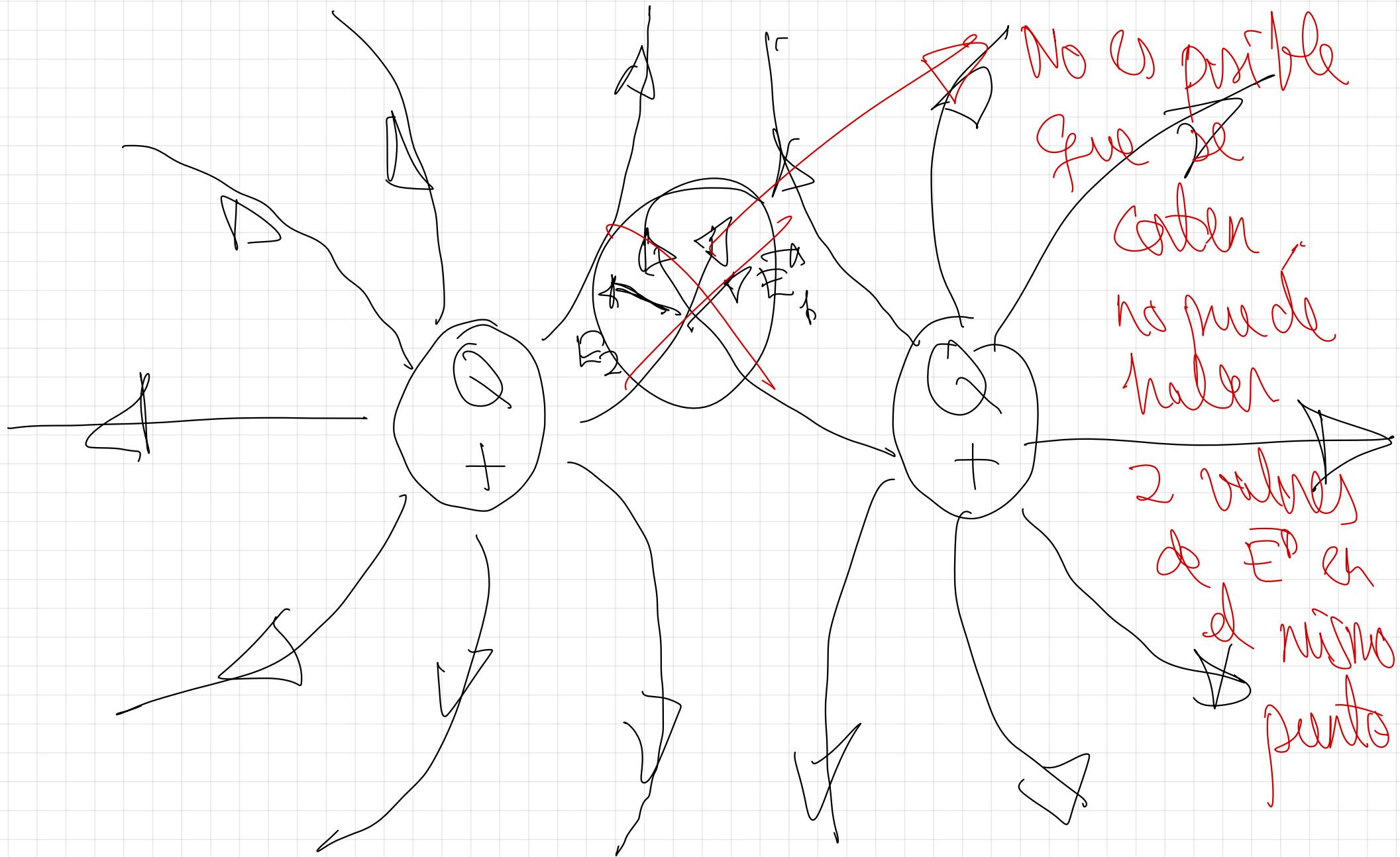
$$|\vec{F}| = 2125 \cdot 10^{-2} - 9 \cdot 10^{-3}$$

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

Linhas de campo (pag 43)







MAGNITUDES ESCALARES

E_p gravitatoria.

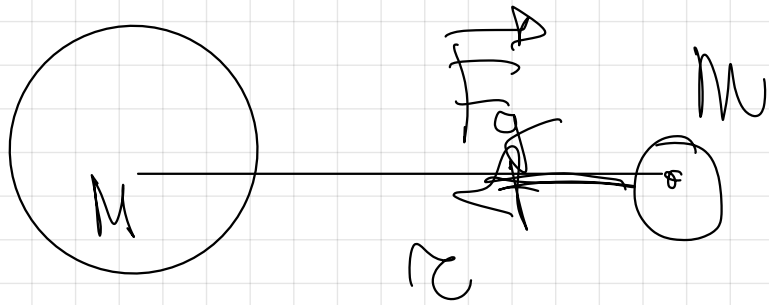
E_p eléctrica.

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

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

¡OJO!

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

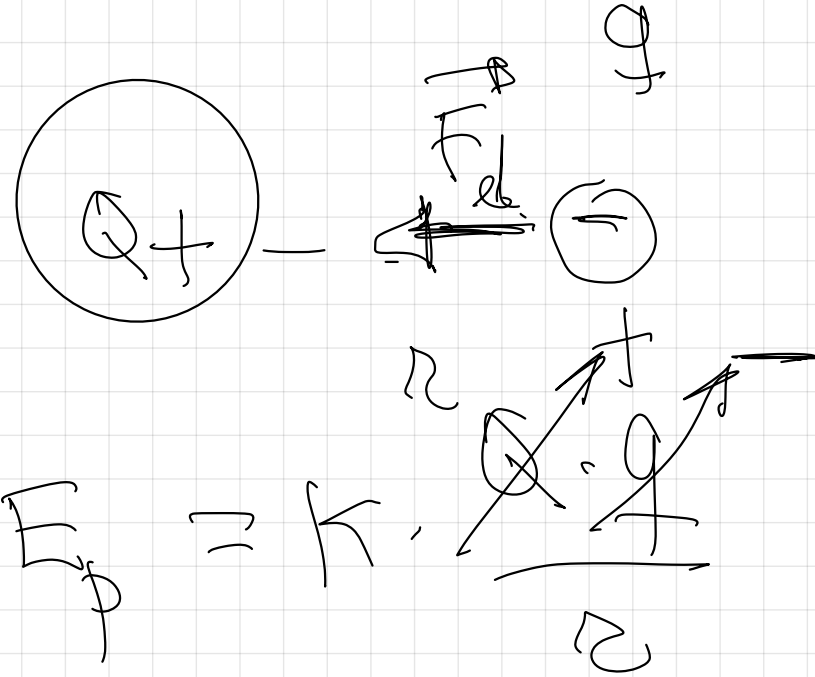


$$F_g = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

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

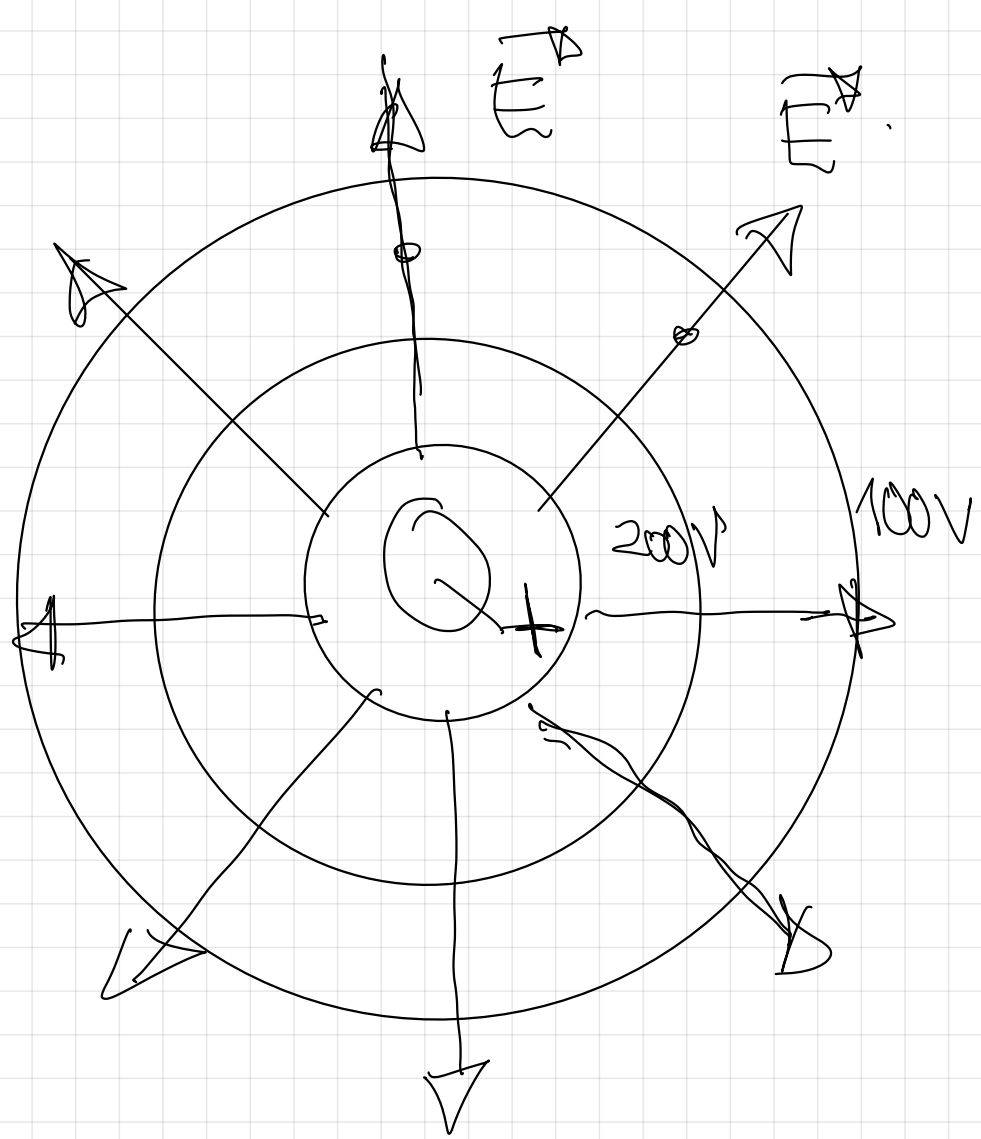
$$V = \frac{F_p}{q} = \frac{K \frac{Q \cdot \cancel{q}}{r^2}}{\cancel{q}} = K \frac{Q}{r^2}$$

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

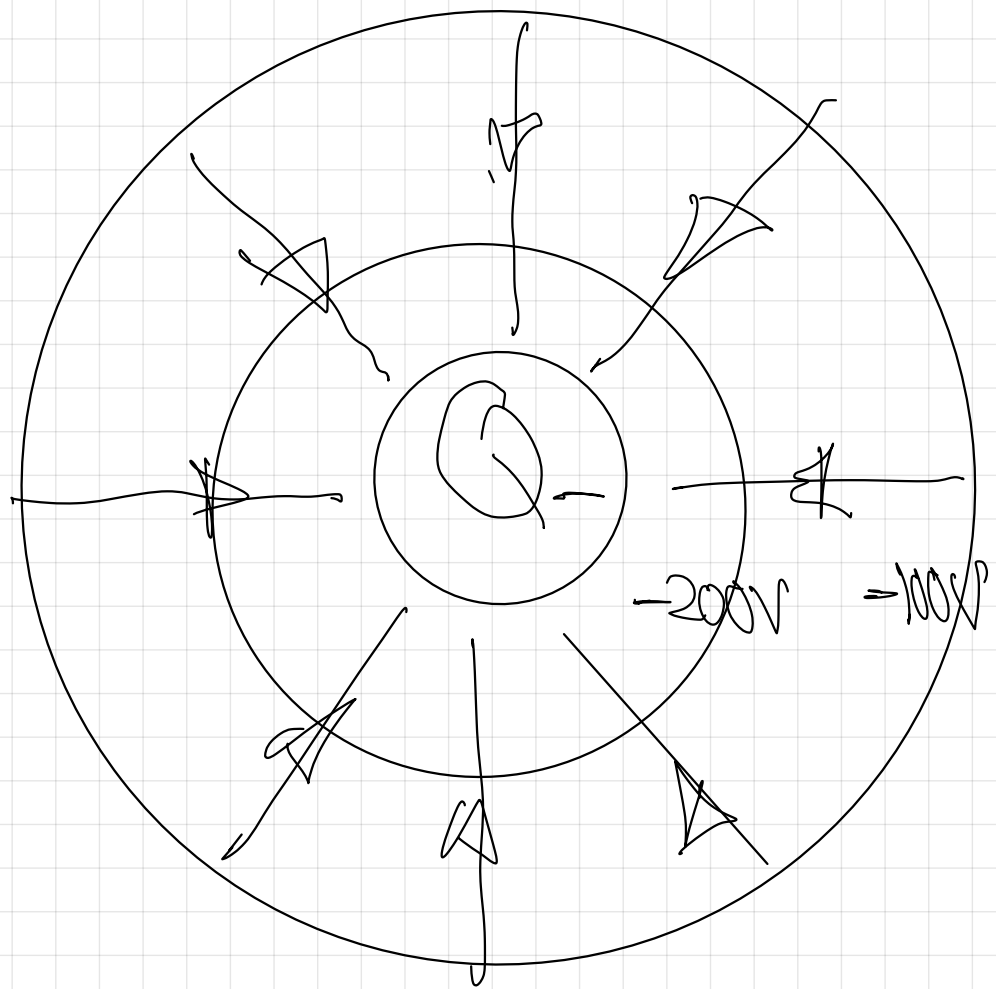
$$E_p = m \cdot v$$

$$E_p = q \cdot v$$

¡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

$$V_A > V_B$$

en orden de potenciales

cargas negativas se desplazan espontáneamente
en orden de potenciales crecientes.

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

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

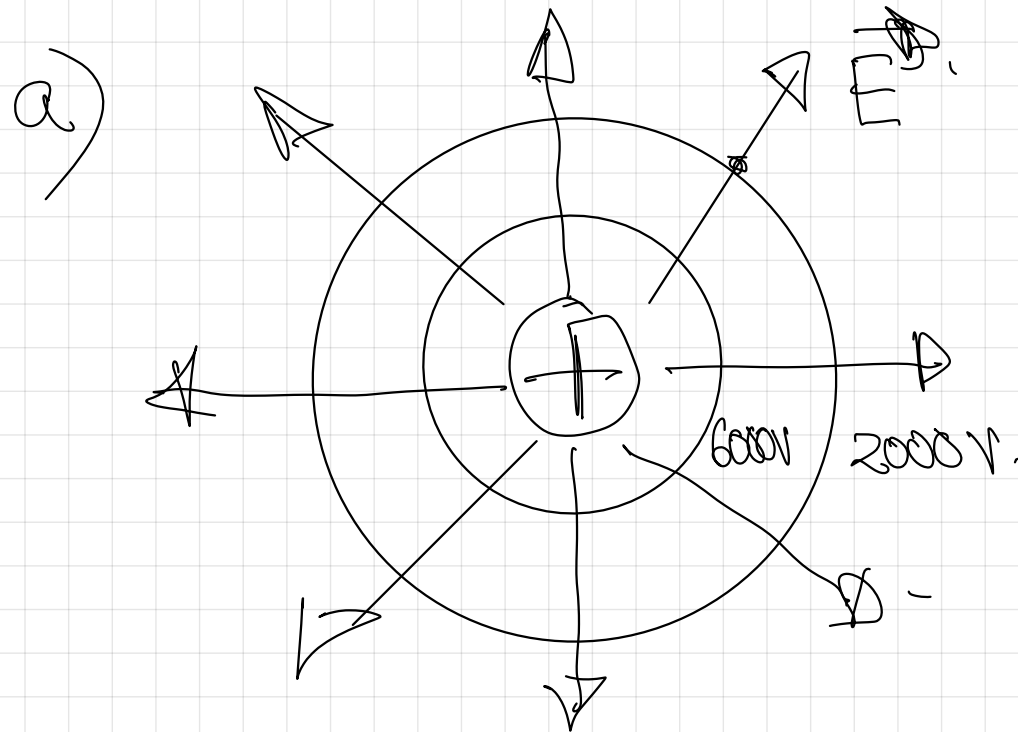
$$W_{A \rightarrow B} = q_f (v_A - v_B) > 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} \ominus \quad \cdot \quad \ominus \\ \boxed{v_A < v_B} \end{array} \right.$$

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

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

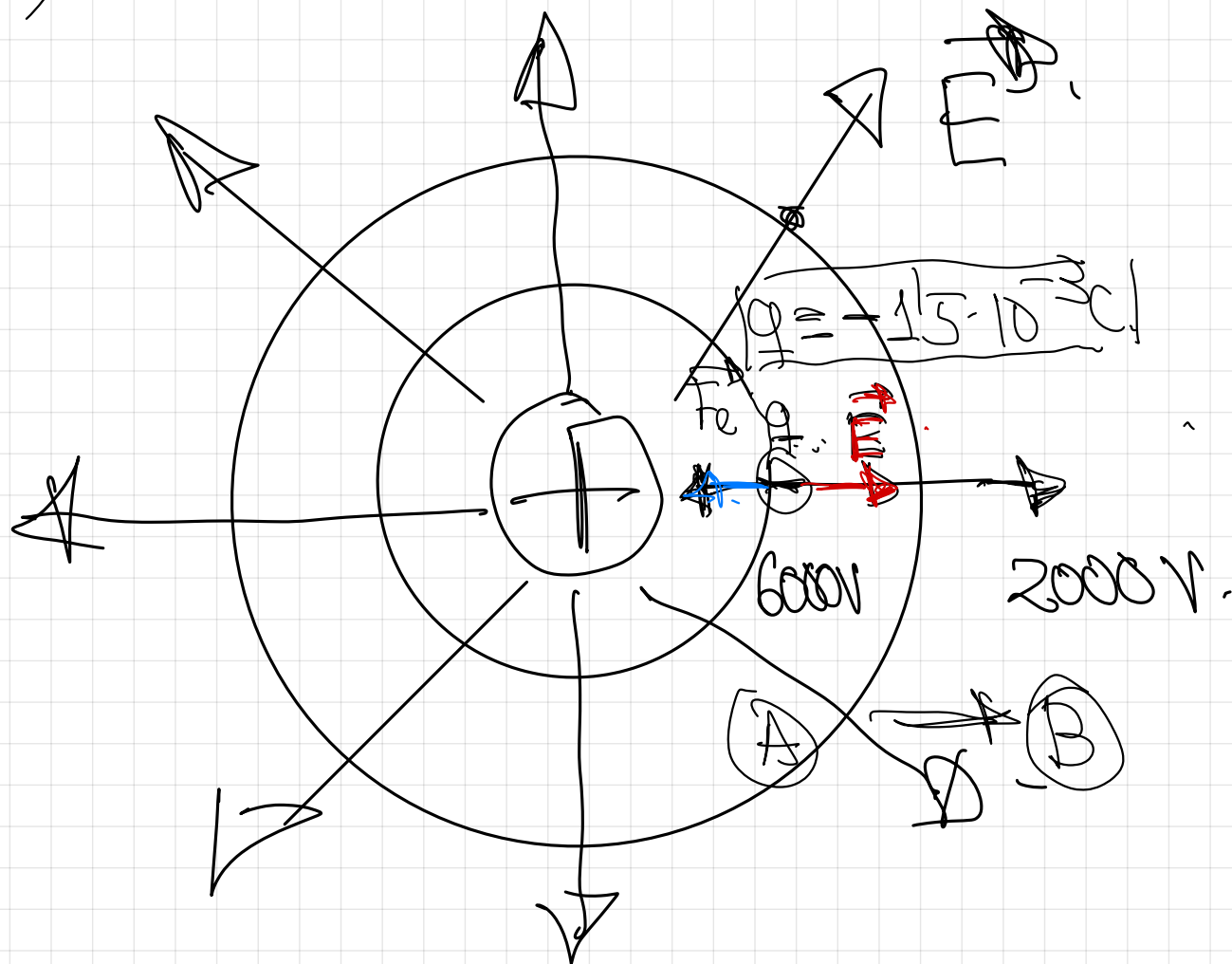
- a) Realizar un esquema de las líneas de campo y de las superficies equipotenciales
- b) Calcular el trabajo que sería necesario para trasladar una carga de $-1,5 \cdot 10^{-3} \text{ C}$ desde la superficie equipotencial de 6000 V hasta la superficie equipotencial de 2000 V .
Comentar el resultado
- c) 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.
- d) 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)



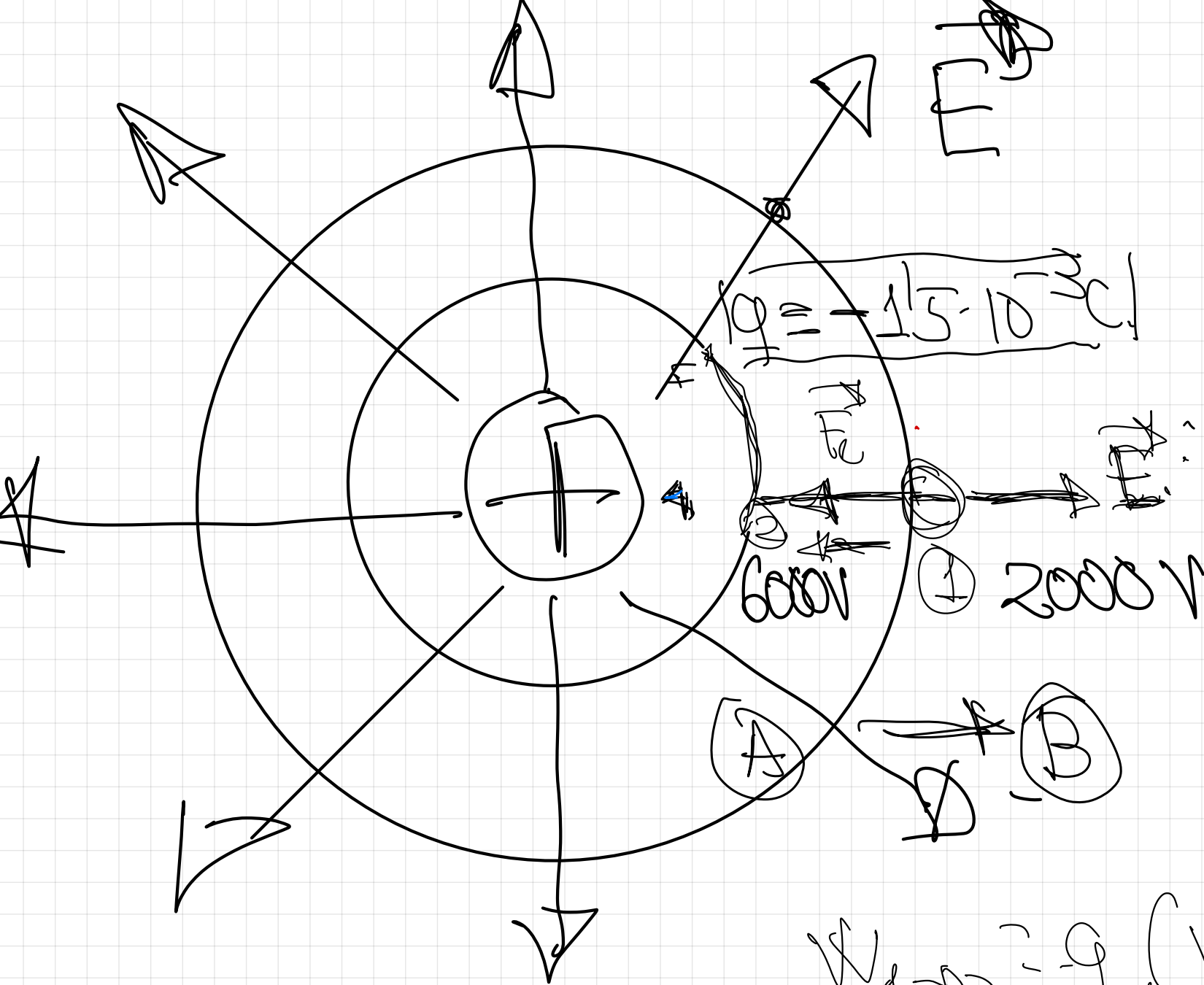
$$V = k \cdot \frac{Q}{r}$$

magnitudes escalares

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

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

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

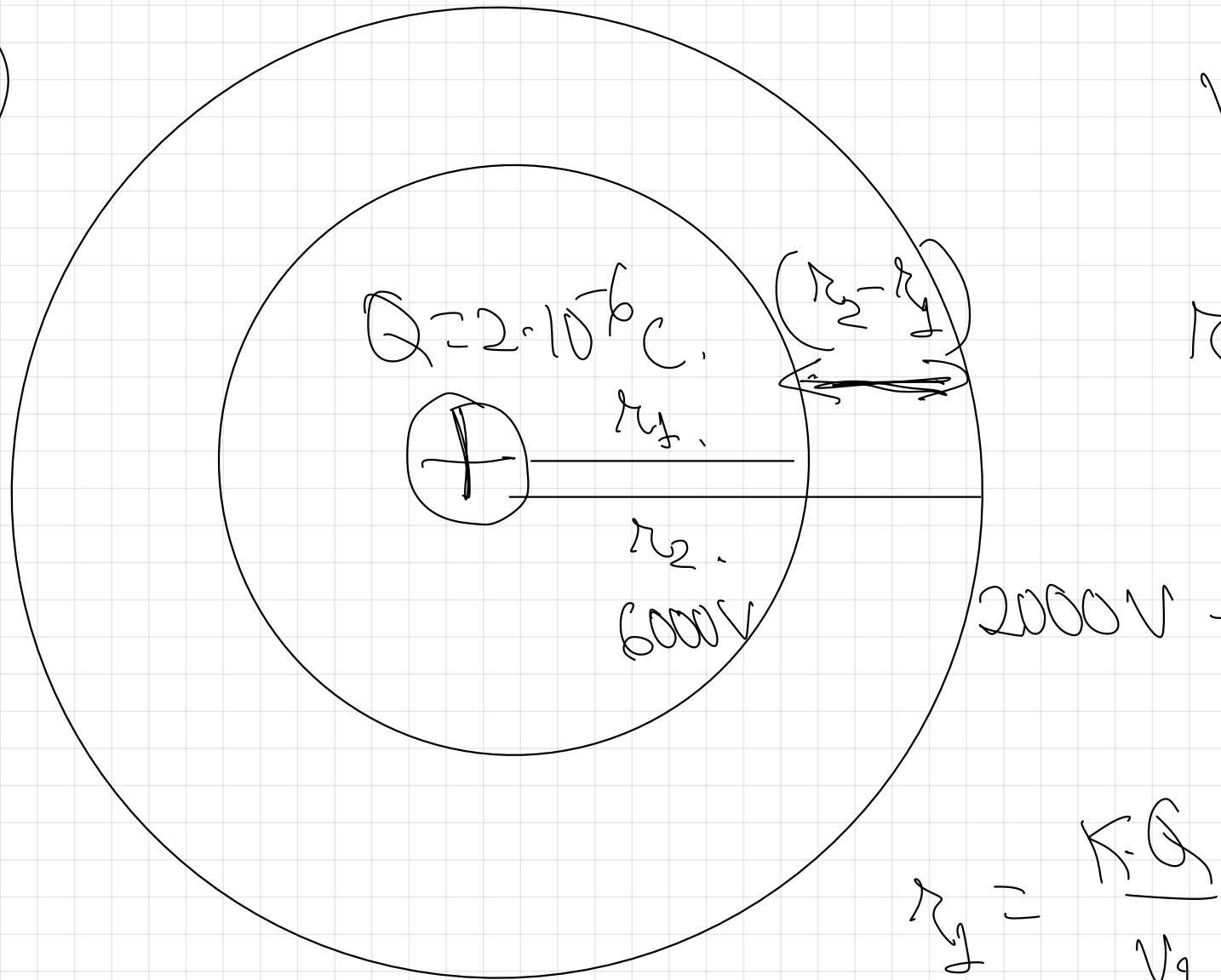


$$W_{1 \rightarrow 2} = q \cdot (V_1 - V_2)$$

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

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

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:

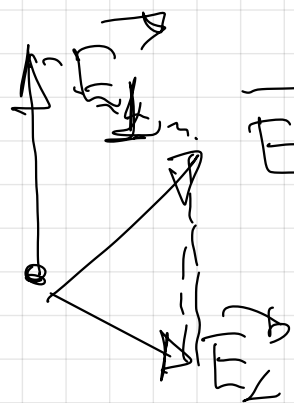
- La distancia del ión positivo a la que se anula el campo eléctrico.
- La distancia del ión positivo a la que se anula el potencial eléctrico a lo largo de la línea recta que une a los iones
- La energía potencial eléctrica de los dos iones

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

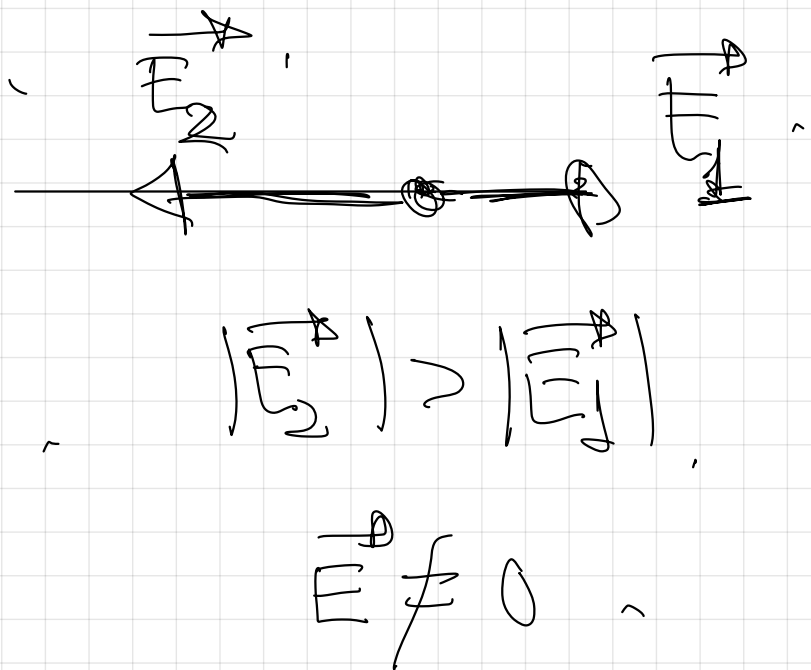
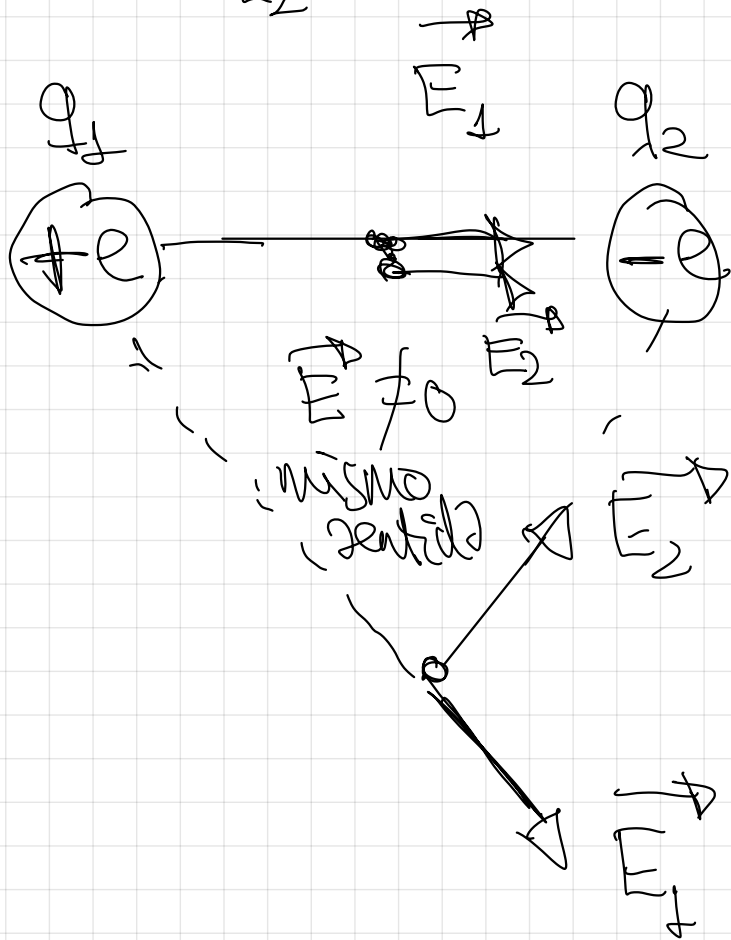
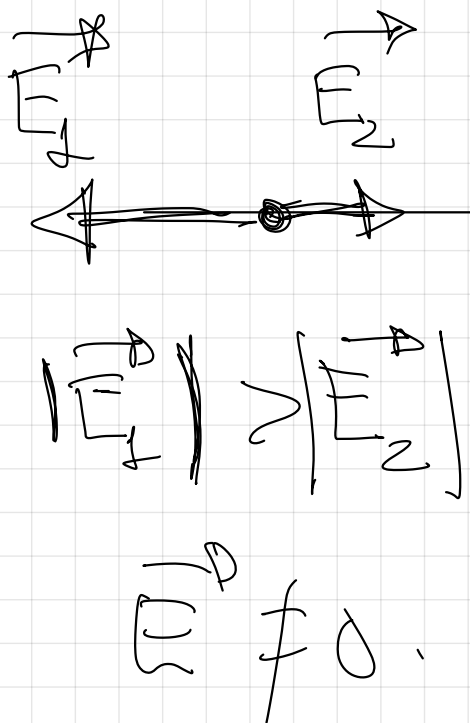
Principio de superposición



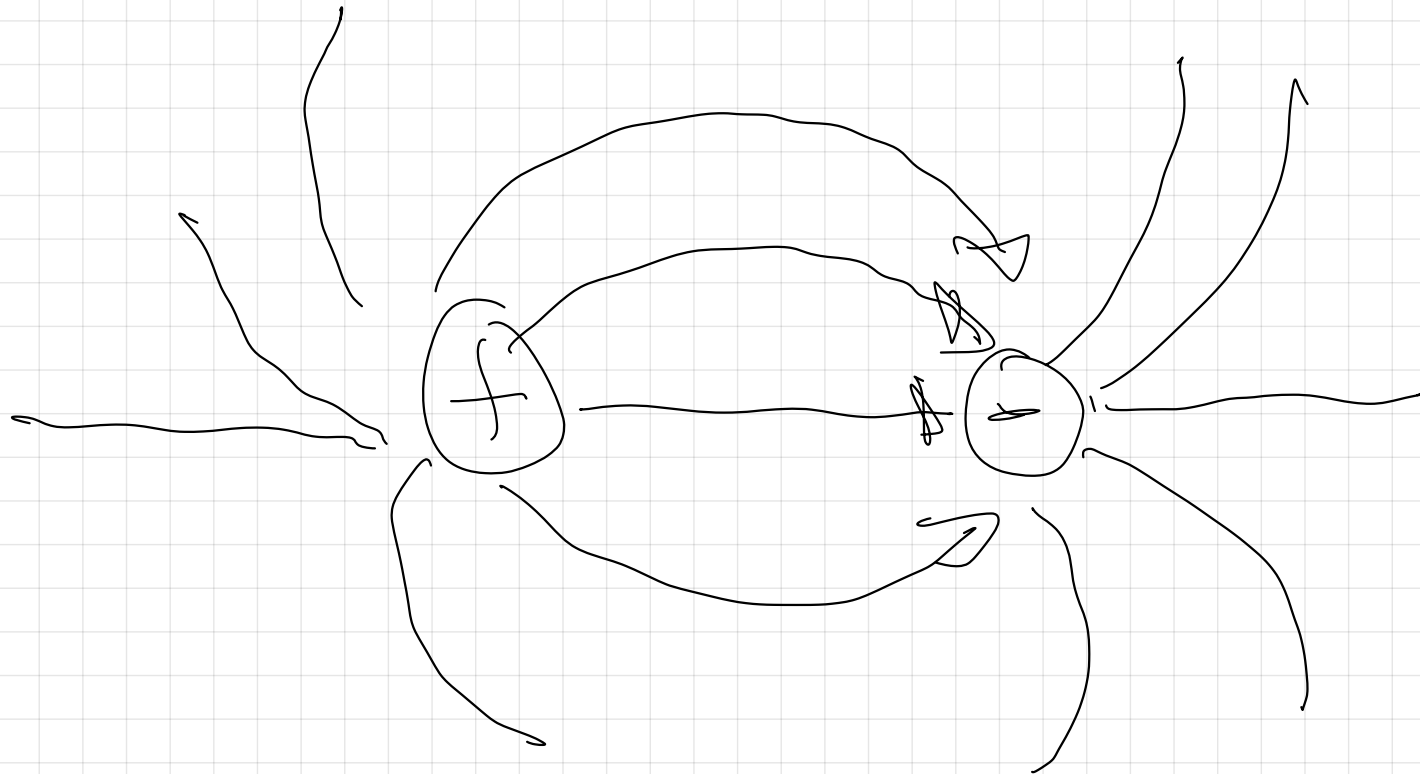
$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2}$$



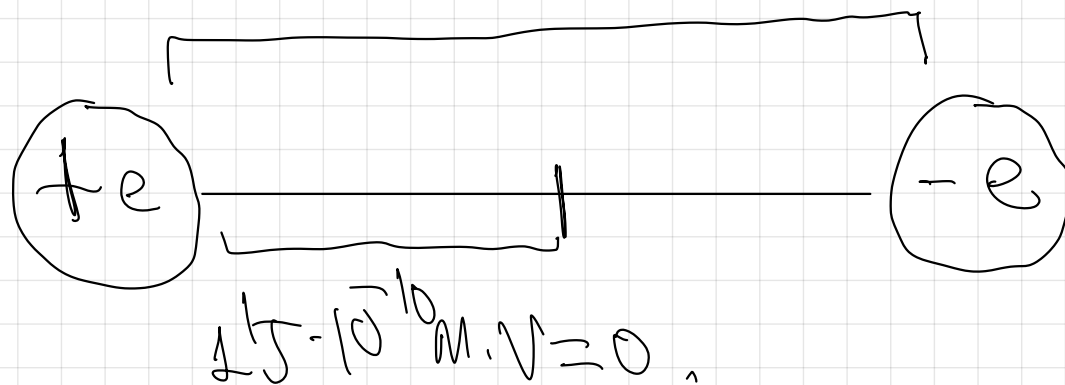
$$E = E_1 + E_2 \neq 0 \quad (\text{distinta direção})$$



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



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



$$V = V_1 + V_2$$

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

Escalar
s'ignifica.

$\nabla \cdot \vec{E} \propto$

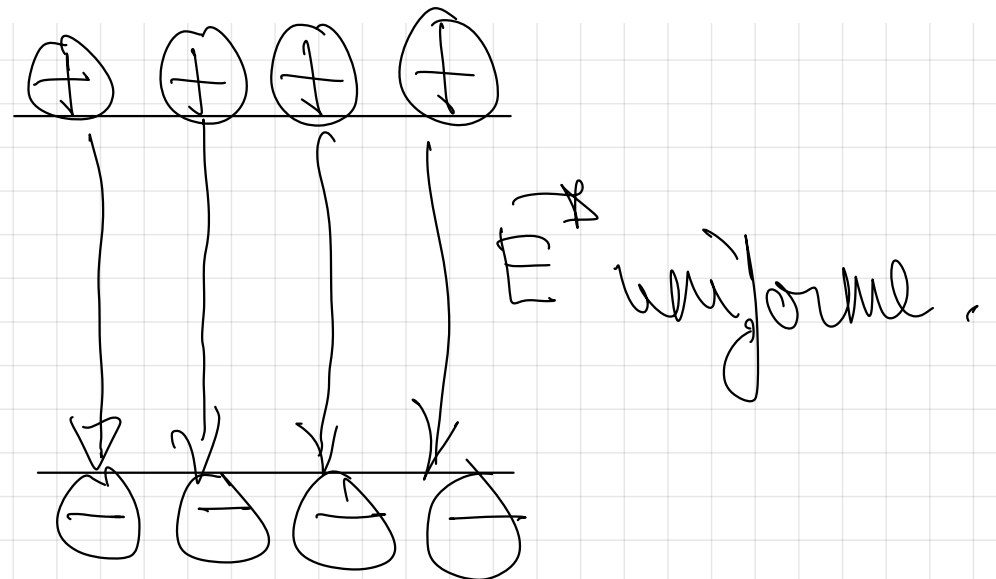
podria ser nul·la

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

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

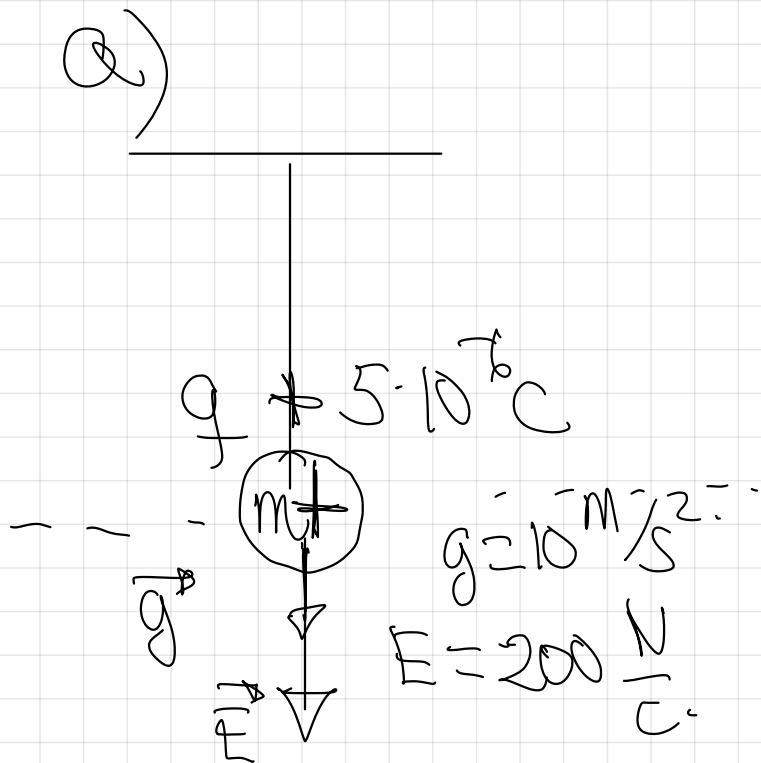
39.- Una bola de 0,2 g de masa y una carga de $5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ está suspendida por un hilo en el interior de un campo eléctrico uniforme $E=200 \text{ N/C}$ dirigido en la dirección del eje OY hacia abajo. Sabiendo que $g=10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, calcular la tensión del hilo si la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

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



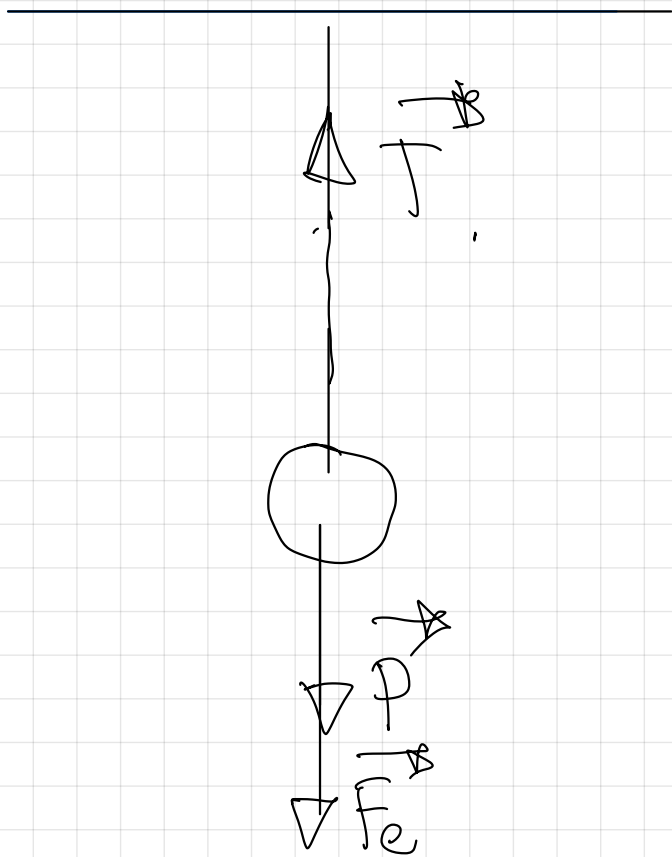
39.- Una bola de 0,2 g de masa y una carga de $5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ está suspendida por un hilo en el interior de un campo eléctrico uniforme $E=200 \text{ N/C}$ dirigido en la dirección del eje OY hacia abajo. Sabiendo que $g=10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, calcular la tensión del hilo si la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

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



$$|\vec{P}| = m \cdot g = 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

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



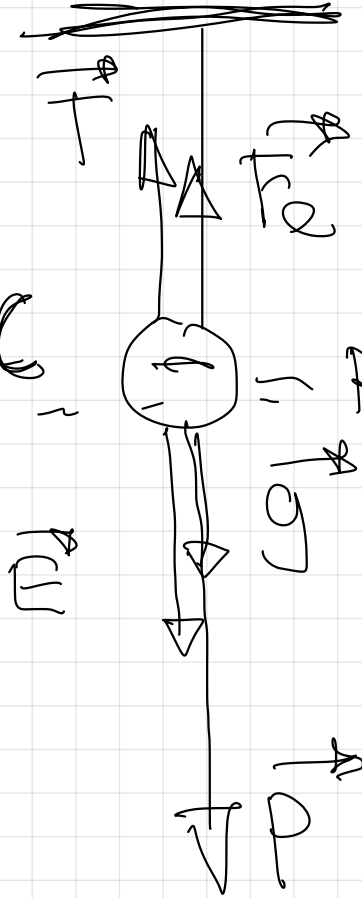
$$|\vec{F}| = |\vec{F}_g| + |\vec{F}_e|$$

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

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

b)

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



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

REPOSO.

$$T + F_e = P$$

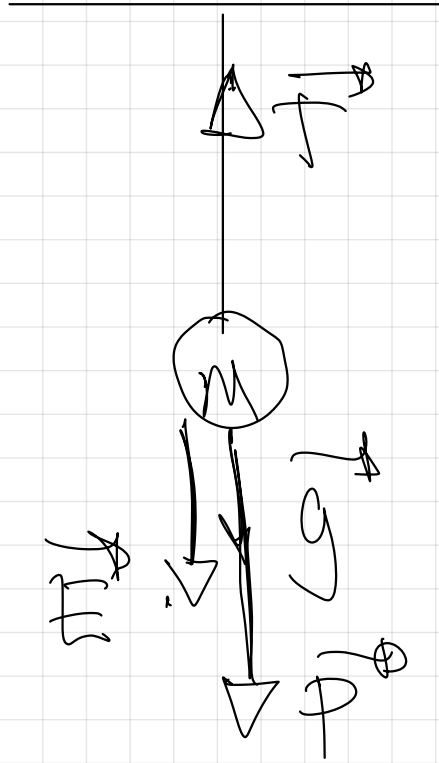
$$T = P - F_e$$

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

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

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

c)

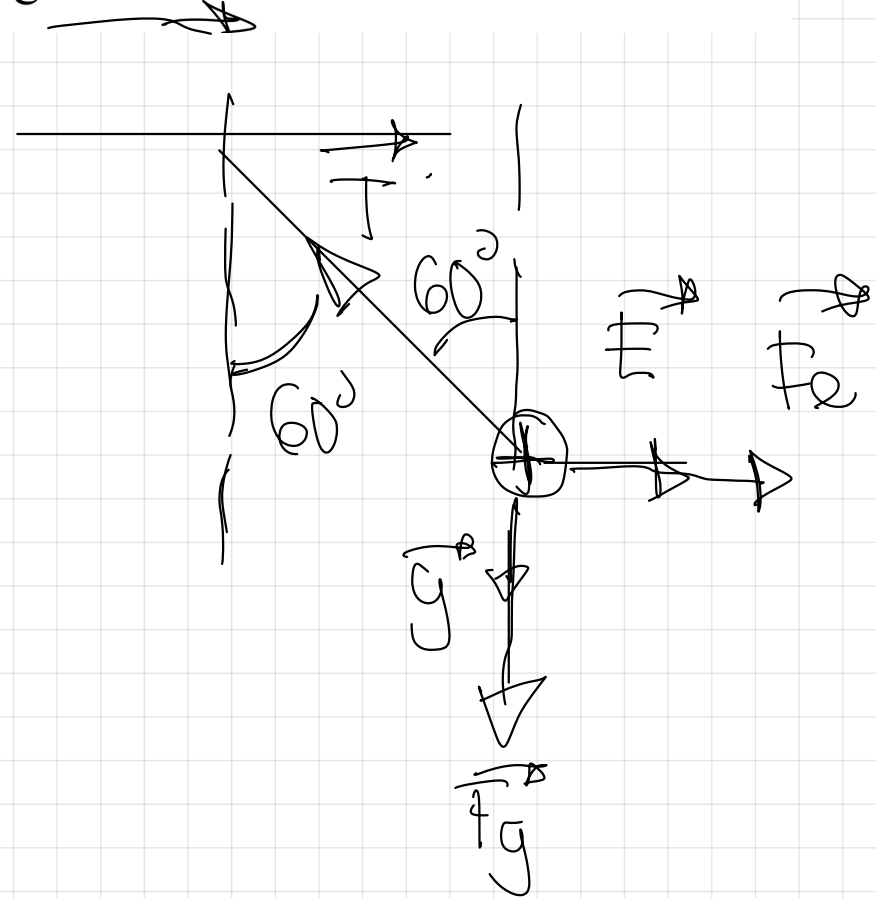
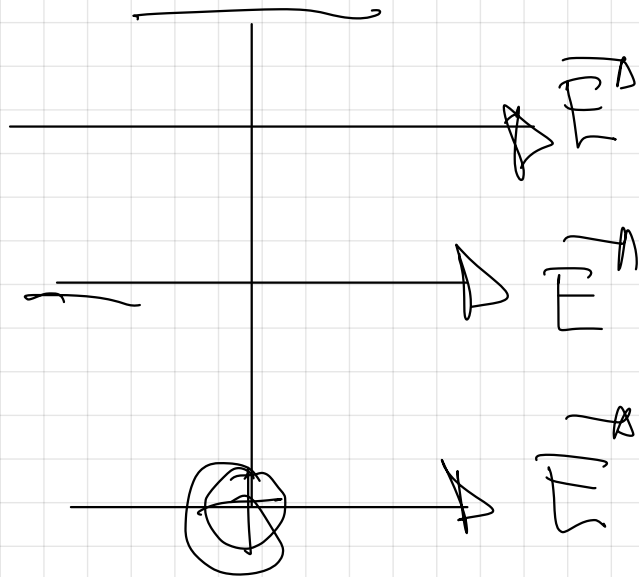


$$|\vec{F}_T| = |\vec{F}_g| = 2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

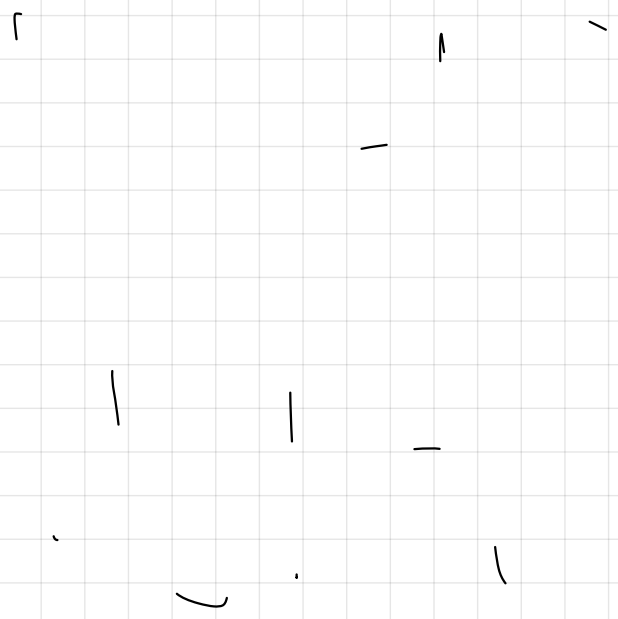
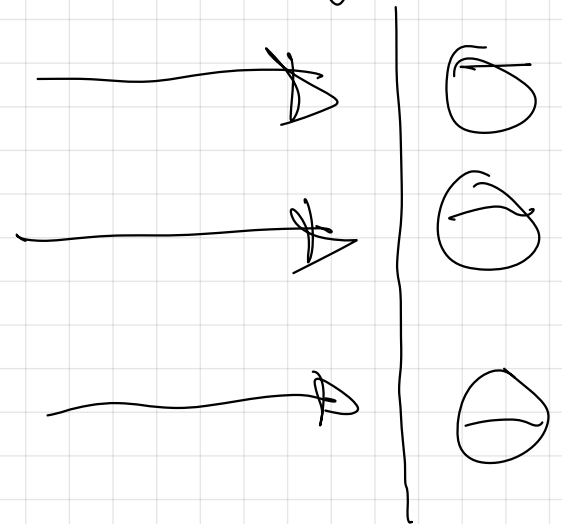
> 40. Una bolita de 1 g, cargada con $+5 \cdot 10^{-6}$ C, pende de un hilo que forma un ángulo de 60° con la vertical, en una región en la que existe un campo eléctrico uniforme en dirección horizontal.

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. $g=10 \text{ ms}^{-2}$



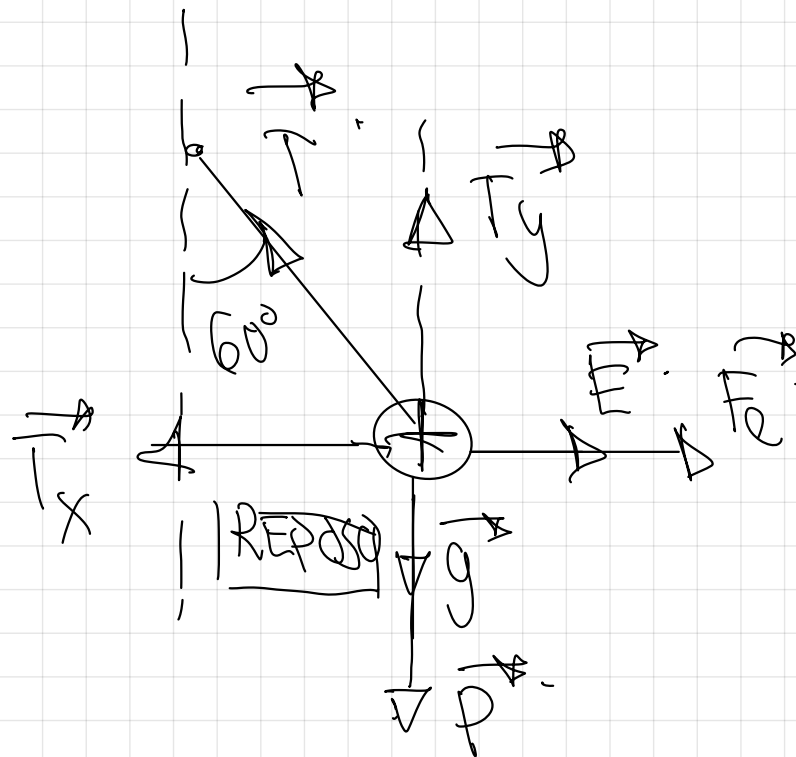

 unique.



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.

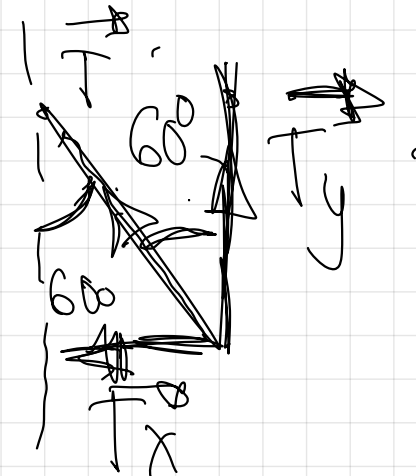
a) Explique, con ayuda de un esquema, qué fuerzas actúan sobre la bolita y calcule el valor del campo eléctrico.

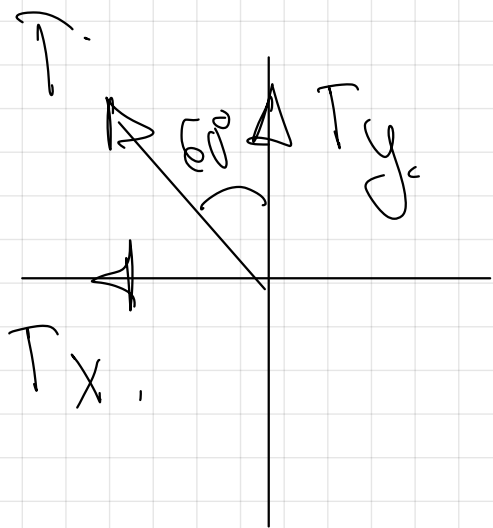
b) Razone qué cambios experimentaría la situación de la bolita si: i) se duplicara el campo eléctrico; ii) si se duplicase la masa de la bolita. $g = 10 \text{ ms}^{-2}$



$$|T_x| = |F_e|$$

$$|T_y| = |P|$$





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

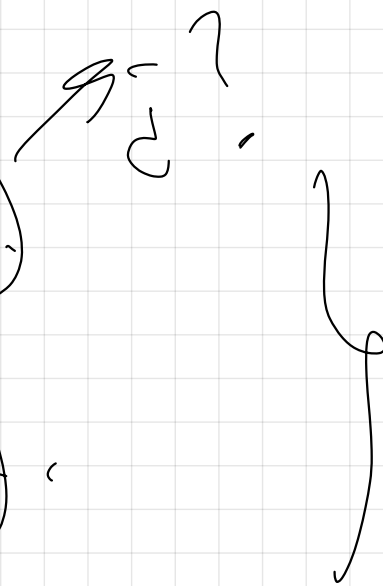
$$\cos 60^\circ = \frac{T_y}{T} \Rightarrow T_y = T \cdot \cos 60^\circ$$

REPOSO.

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

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

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



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

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

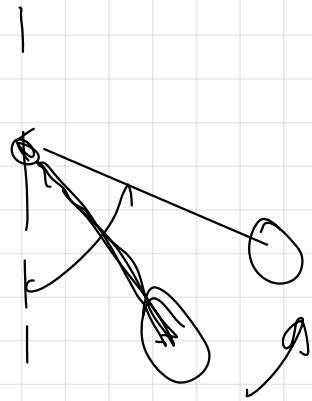
$$m \cdot g \cdot \tan 60^\circ = q \cdot E$$

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

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

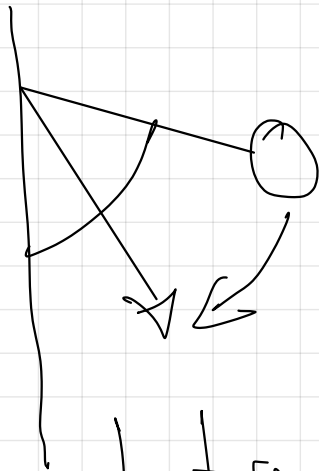
b) 

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



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

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



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

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

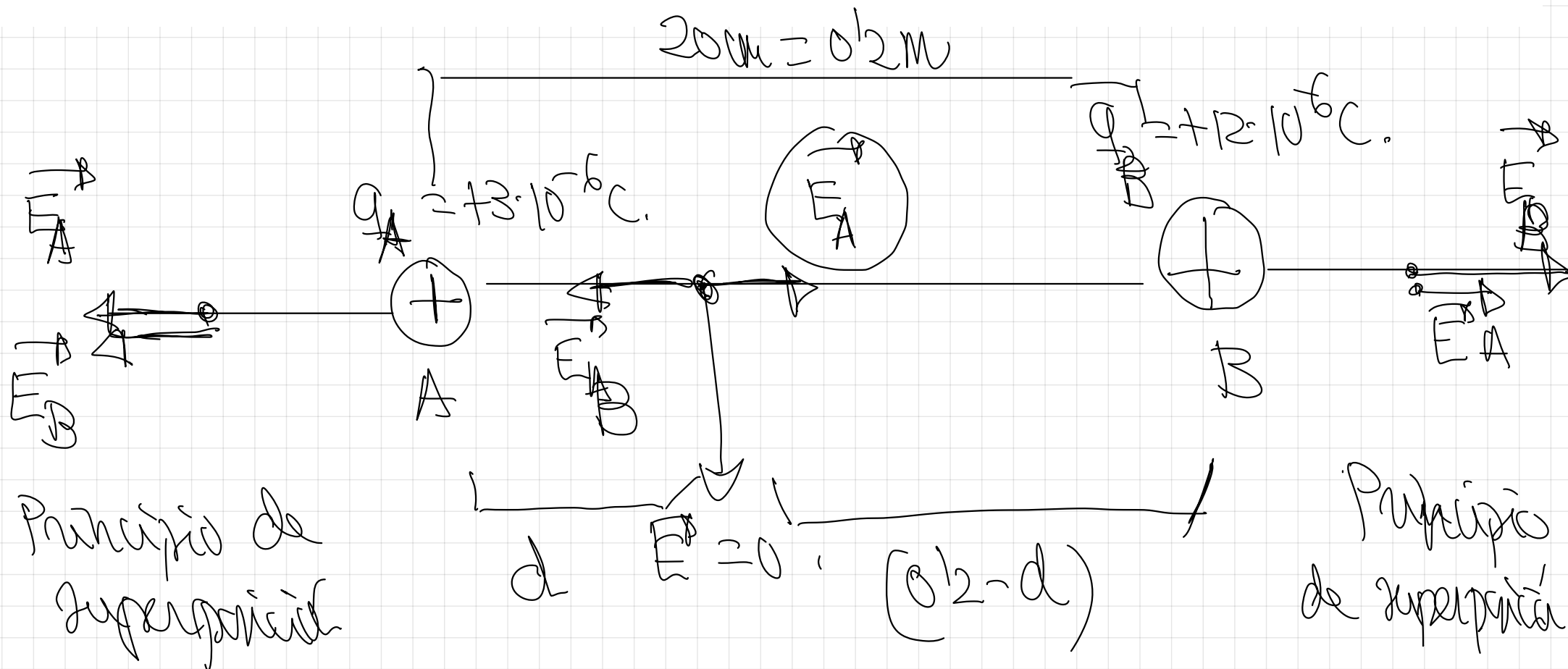
10.- Dos cargas puntuales $q_1 = +3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ y $q_2 = +12 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, están situadas, respectivamente, en los puntos A y B de una recta horizontal, separados 20 cm.

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

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

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

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

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

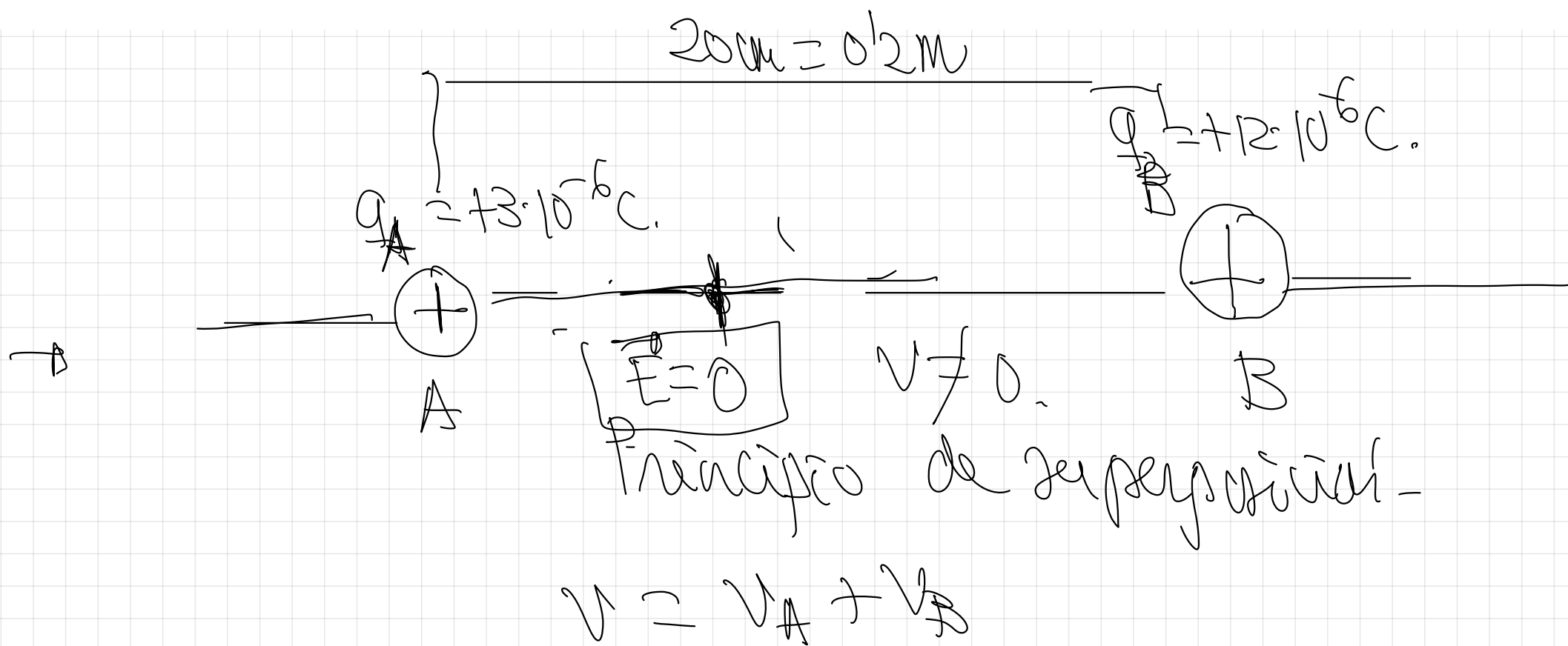
10.- Dos cargas puntuales $q_1 = +3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ y $q_2 = +12 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, están situadas, respectivamente, en los puntos A y B de una recta horizontal, separados 20 cm.

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.

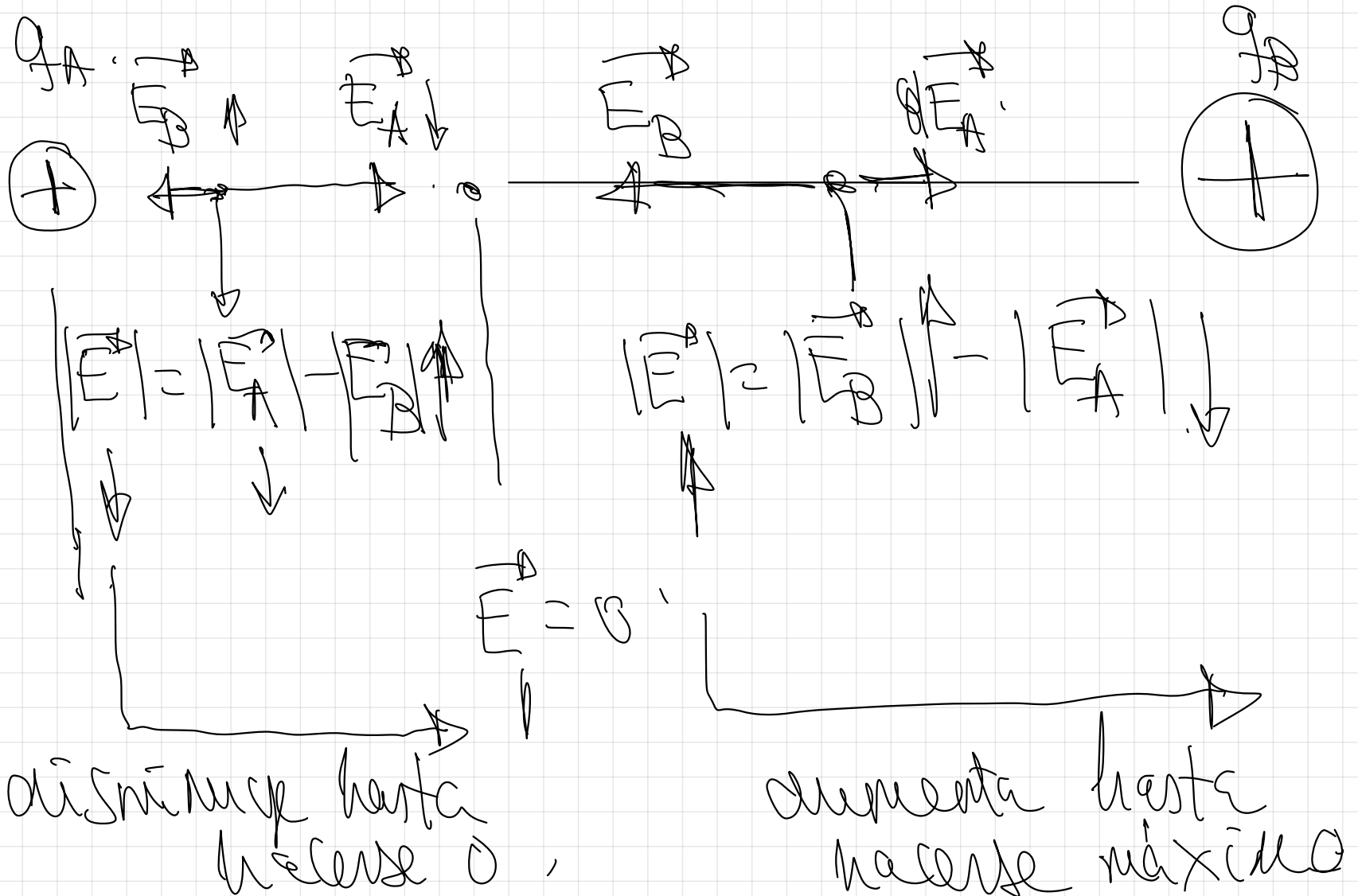
c) Razone como variará el campo electrostático al pasar de A a B

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



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

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



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:

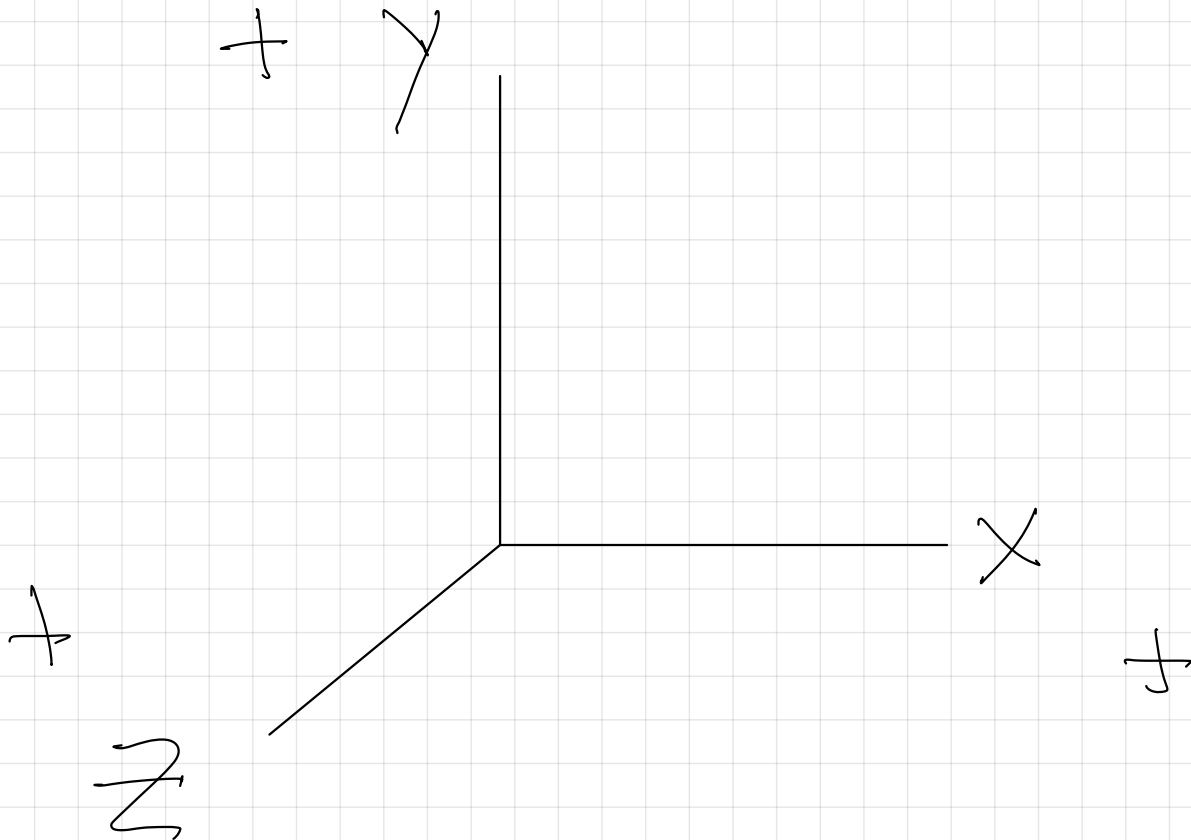
- a) La fuerza que actúa sobre una carga de $1 \mu\text{C}$ situada en el punto $(2,2) \text{ m}$ Ya hecho
- b) El trabajo necesario para llevar a ésta última carga desde el punto que ocupa hasta punto $(0,1) \text{ m}$. Dar una interpretación del resultado.

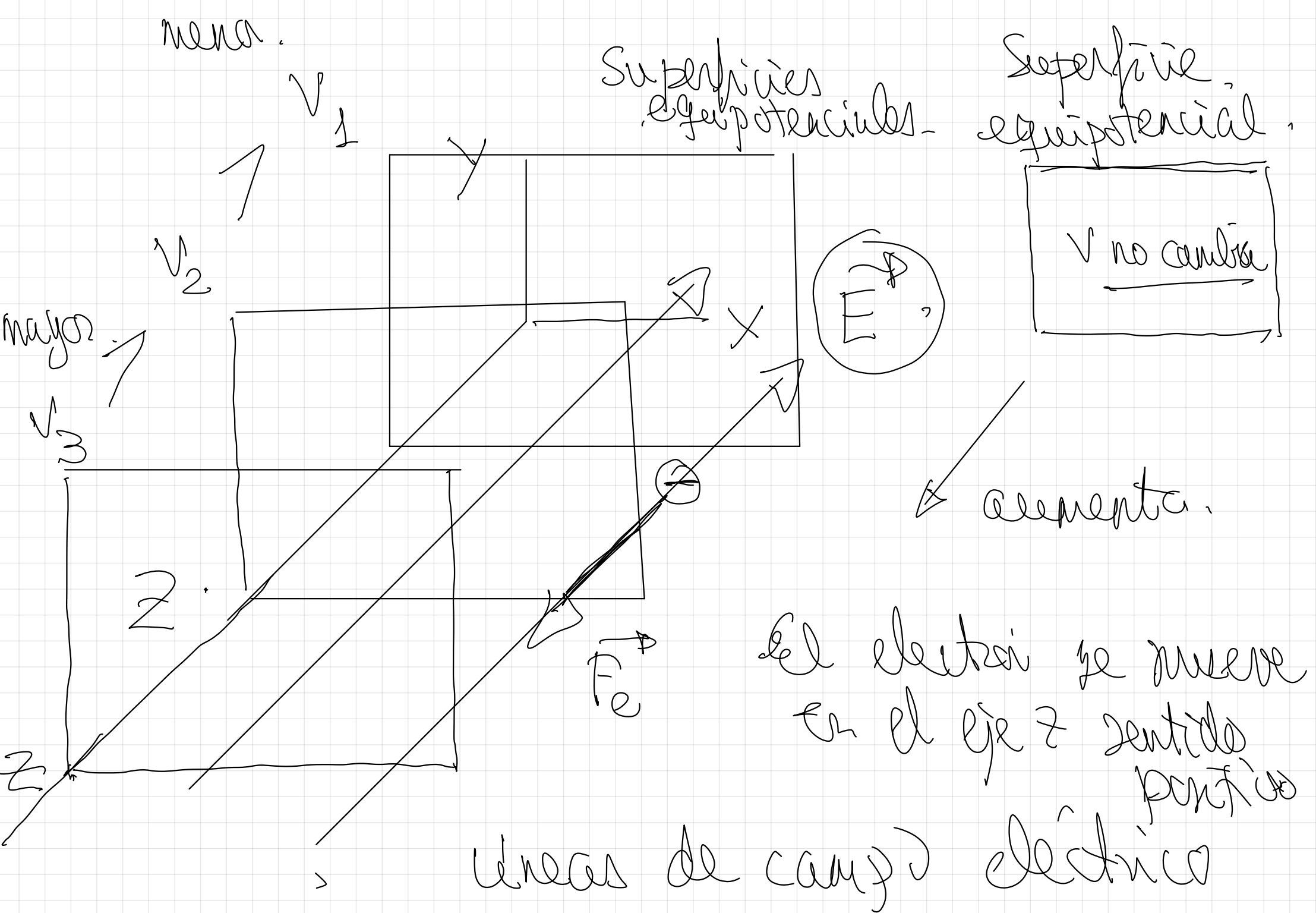
$$K=9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$$

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.

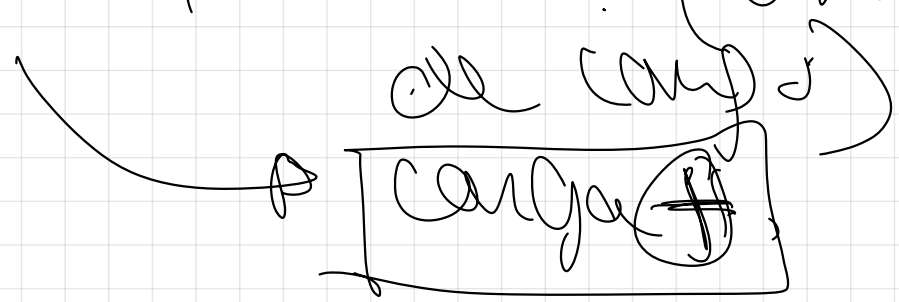
$$W_{A \rightarrow B} = q \cdot (V_A - V_B) > 0$$

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

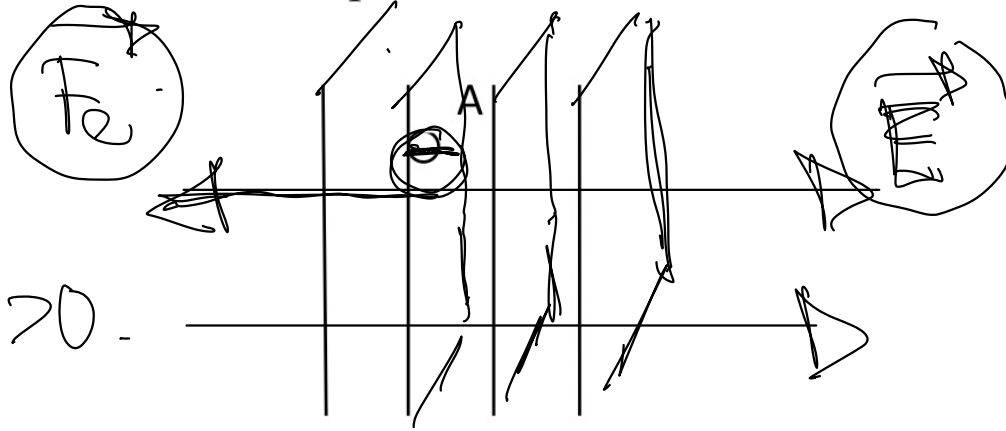
$$V_A < V_B$$

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.

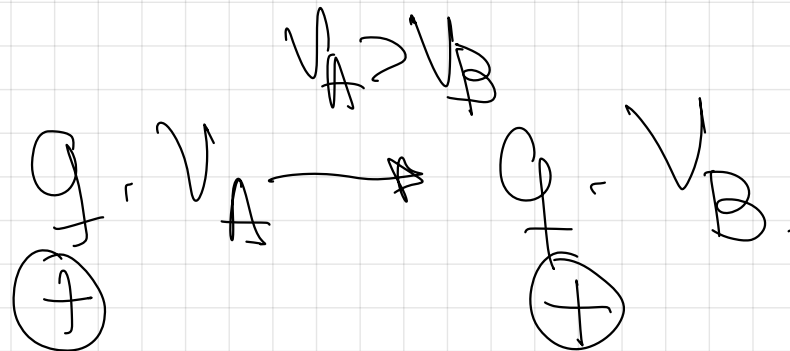
- 17.- a) Razone si la energía potencial electrostática de una carga q aumenta o disminuye al pasar de un punto A a un punto B, siendo el potencial en A mayor que en B.
- b) El punto A está mas alejado que el B de la carga Q que crea el campo. Razone si la carga Q es positiva o negativa.

a)

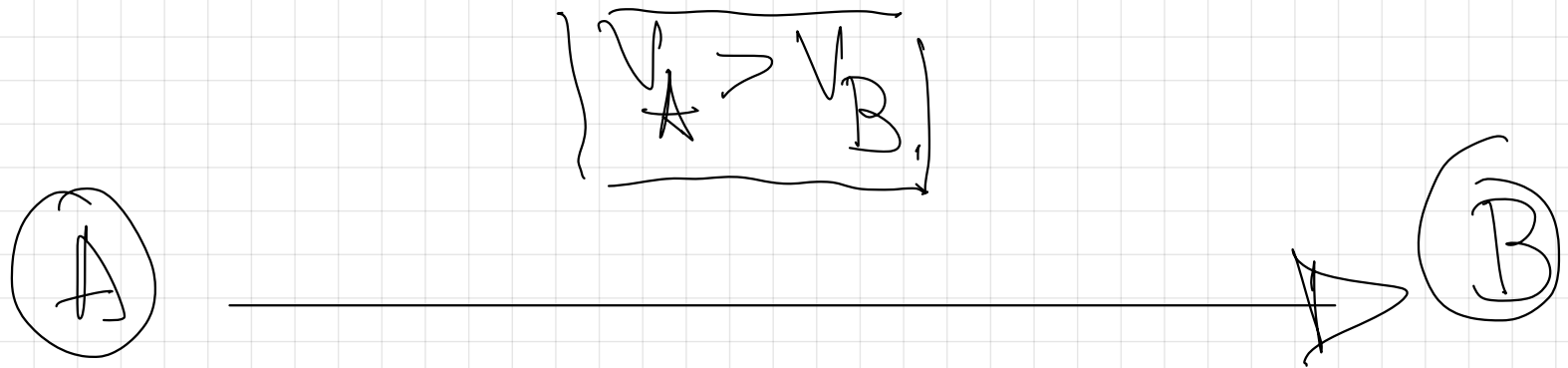


$$V = \frac{W}{q}$$
$$E_p = q \cdot V$$

Si la carga q es positiva -



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

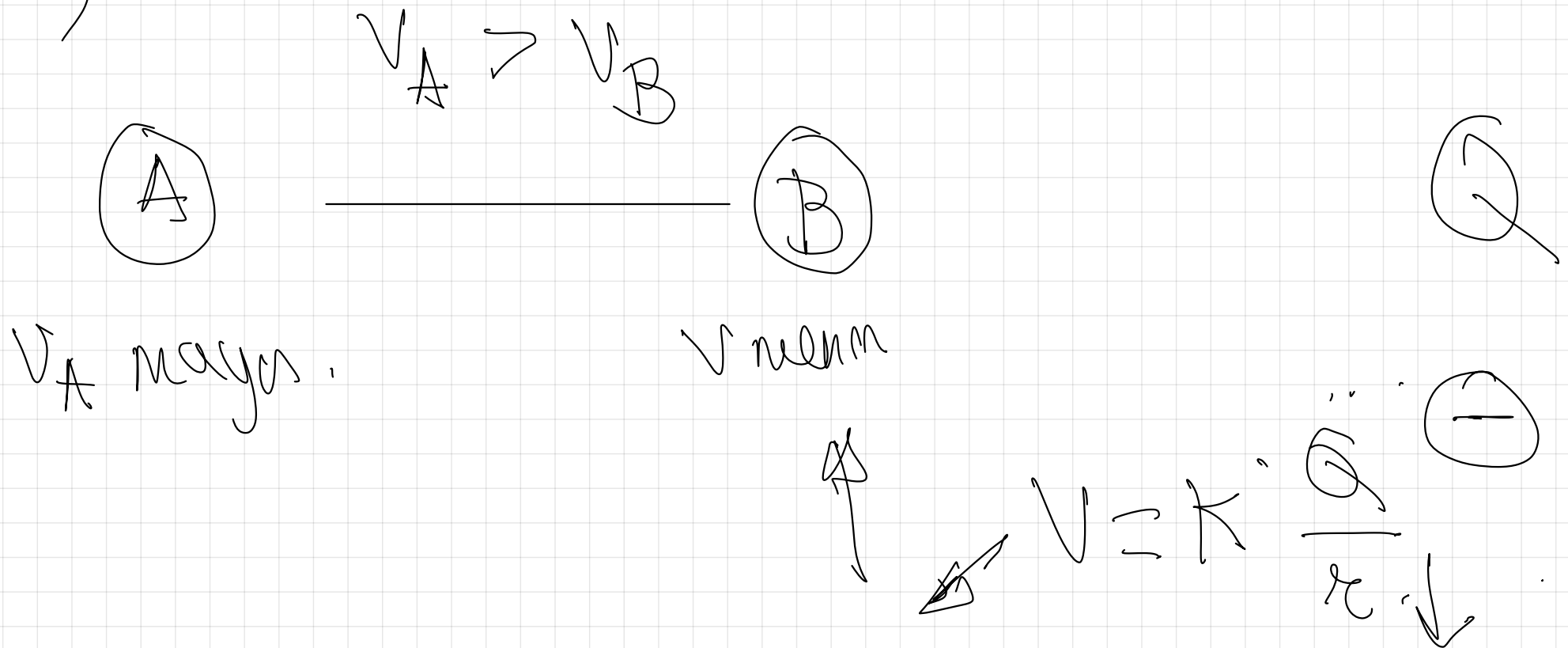


Si la carga
 q es $\textcircled{+}$.

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

$E_{PA} < E_{PB}$
 Con este caso la E_{PA} .

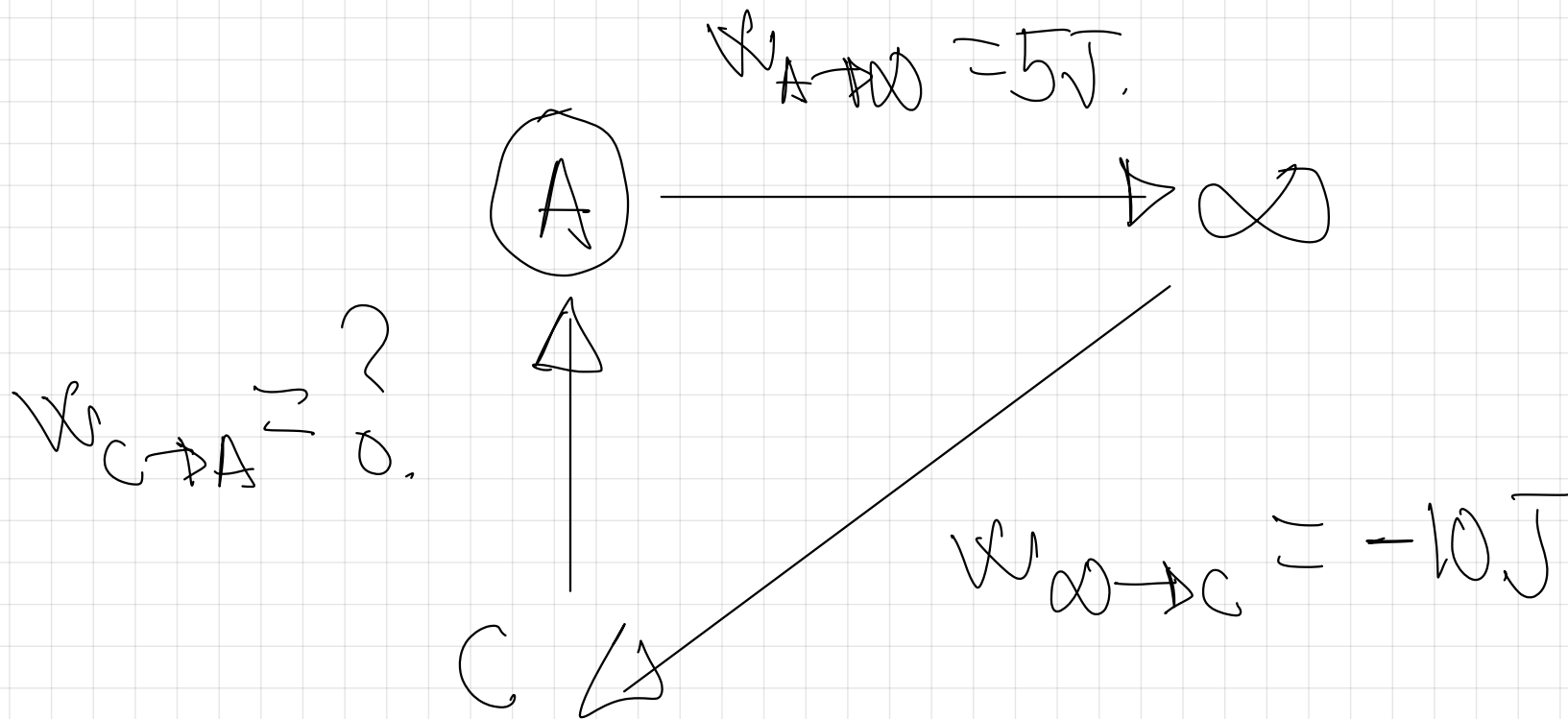
b)



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.

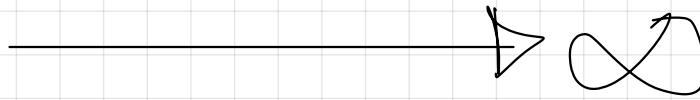
$$\boxed{W_{C \rightarrow A} = 5\text{ J.}}$$

b)

$$q = -2C$$

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

A

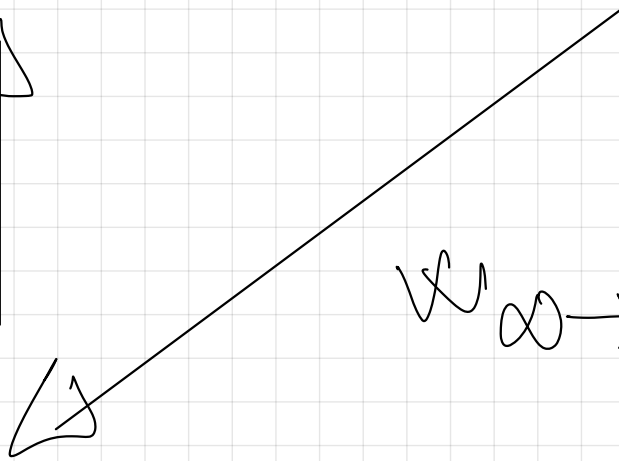


$$W_{C \rightarrow A} = 5J$$



C

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



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

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

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

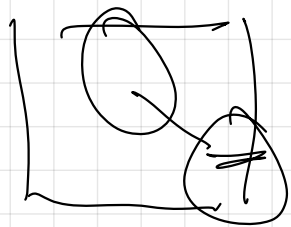
$$W_{\infty \rightarrow C} = q \left(\cancel{V_{\infty}^{90.}} - V_C \right) \rightarrow -10J = -2C(0 - V_C)$$

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

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

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

$$V_A = -2.5V$$



$$V_C = -5V$$

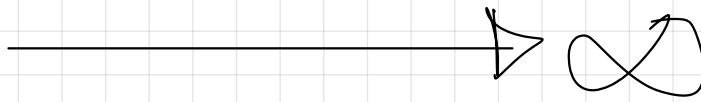
Cuando el campo es creado por una única carga, solo existe la posibilidad

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

$$q = -2C$$

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

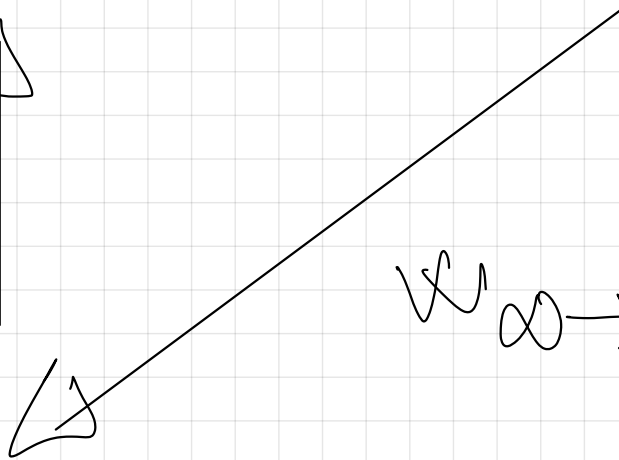
A



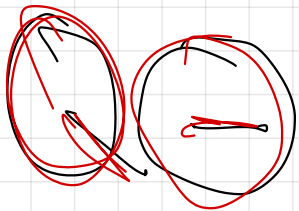
$$W_{C \rightarrow A} = 5J$$



C



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

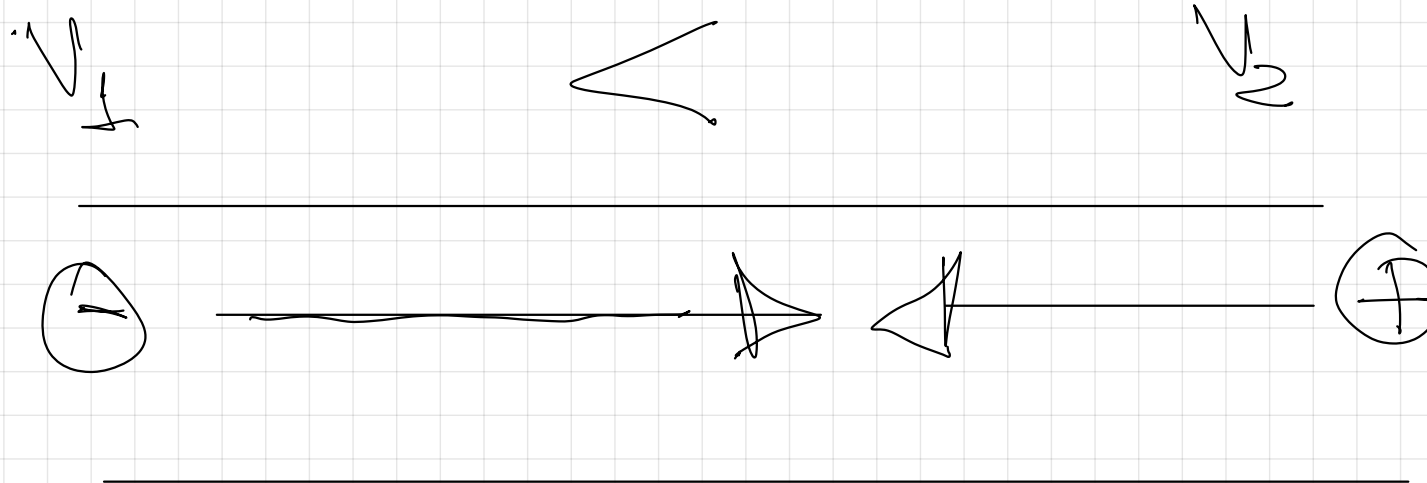


19.- Un acelerador lineal consiste básicamente en un tubo donde se ha hecho el vacío y entre cuyos extremos se establece una diferencia de potencial. Las partículas cargadas introducidas en un extremo del tubo se aceleran dirigiéndose hacia el otro extremo.

- 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?

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

$$m_p > m_e$$



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

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

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

$$\rightarrow \Delta E_{\text{eléctrica}} = v_A - v_B = \Delta E_{A \rightarrow B}.$$

$$\left[\begin{array}{c} \psi \\ A \rightarrow B \end{array} \right] \subset \left[\begin{array}{c} \Delta E \\ A \rightarrow B \end{array} \right]$$

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

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

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

$$v_B = 1.87 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

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

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

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

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

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

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

Invertir el orden
de potenciales.