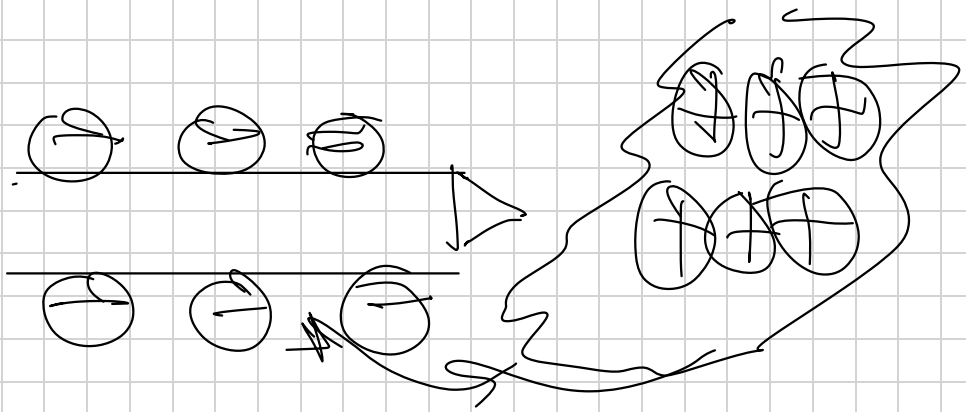
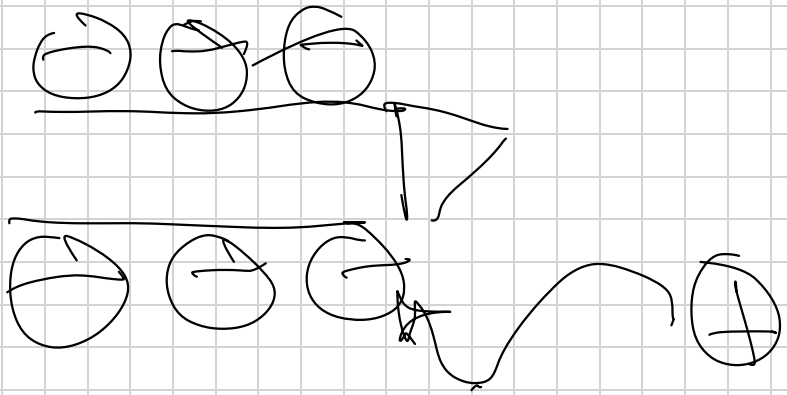


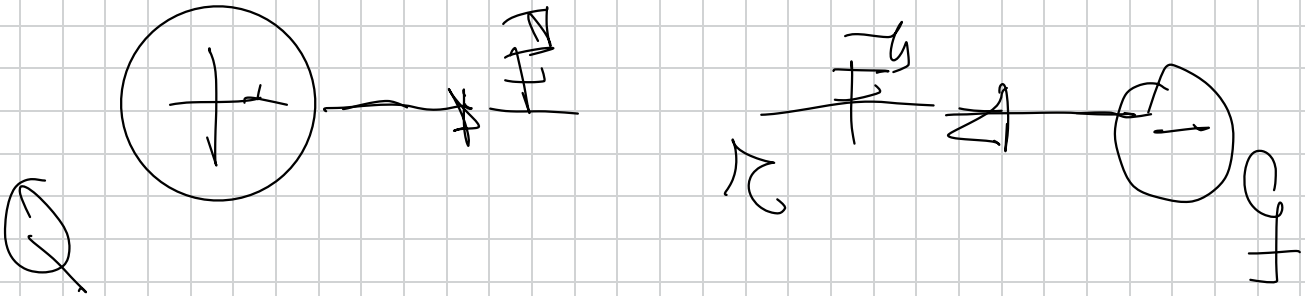




$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

$$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$$

Ley de Coulomb.



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

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

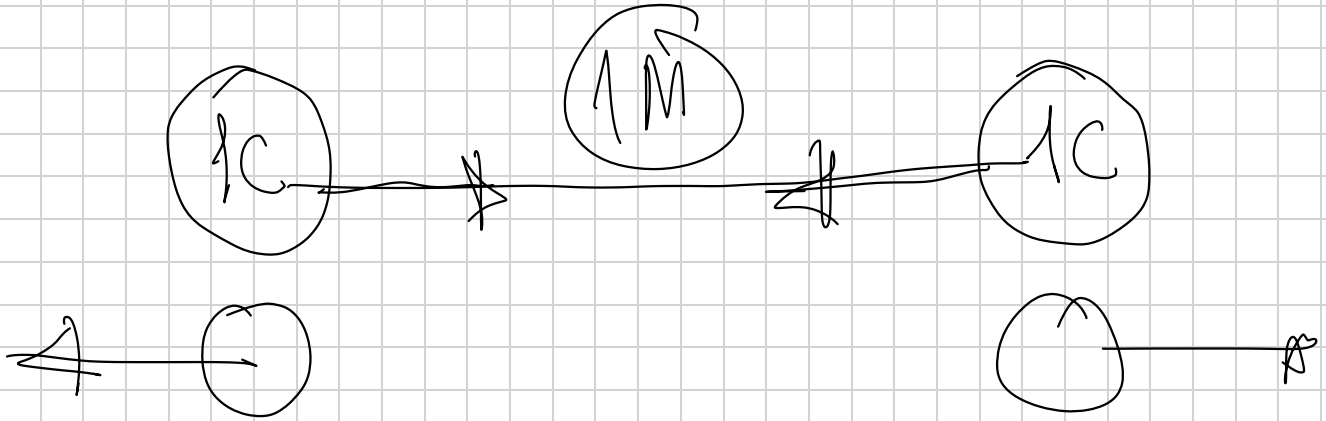
vacío.

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

1C, 1C

r^2 → 1m en el vacío.

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1 \cdot 1}{1^2} = 9 \cdot 10^9 \, N$$



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

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

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

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

$1\ C$

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

- Conservación de la carga
- La carga está **cuantizada**.

cuántica

nucleón

$$Q = \pm n \cdot e$$

$e = 1'6 \cdot 10^{-19}\ C$

protón $= +1'6 \cdot 10^{-19}\ C$

electrón $= -1'6 \cdot 10^{-19}\ C$.

Na^+ $Q = +1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C$

Cl^- $Q = -1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C$

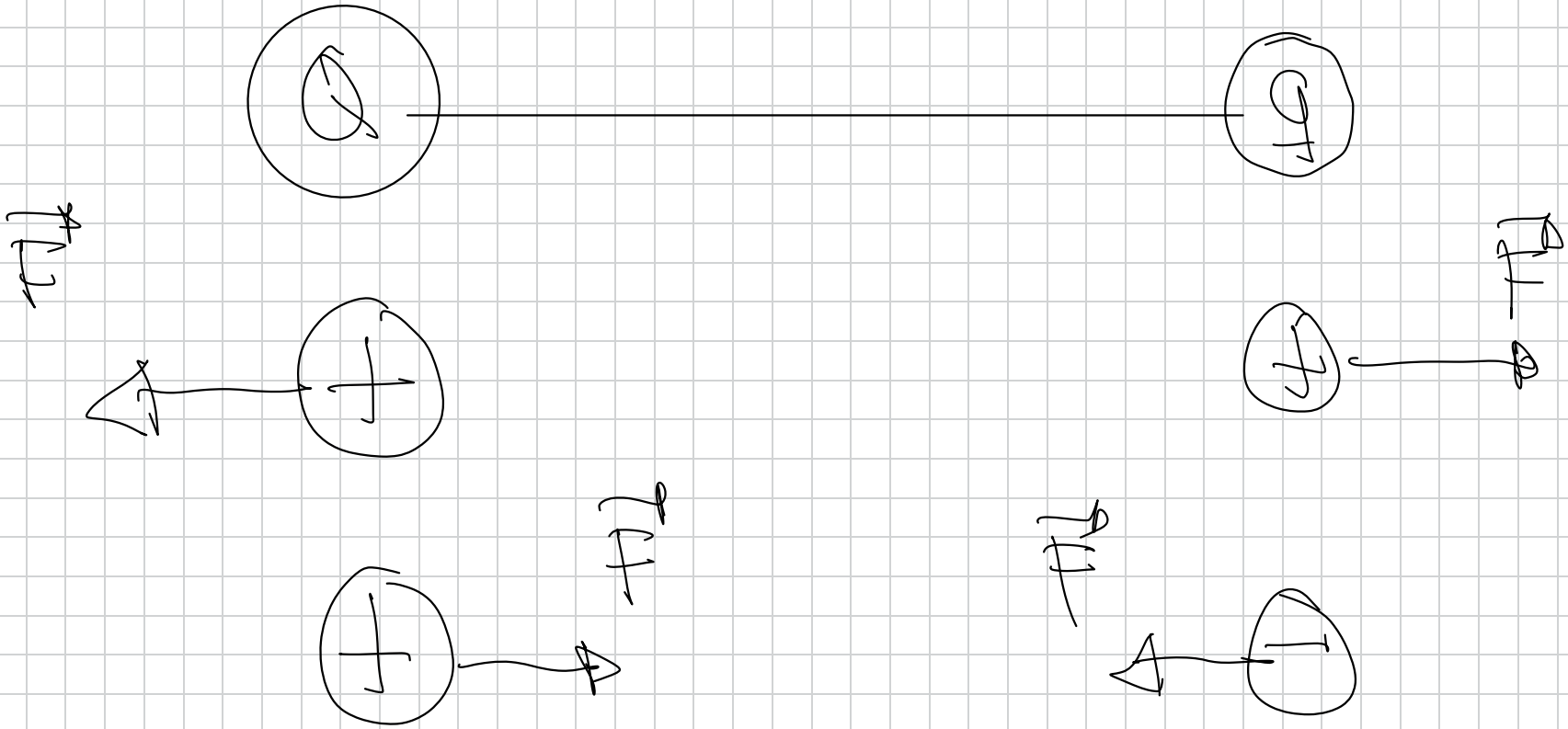
Ca^{2+} $Q = +2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C = +3{,}2 \cdot 10^{-19}\ C$

S^{2-} $Q = -2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C = -3{,}2 \cdot 10^{-19}\ C$

Al^{3+} $Q = +3 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C$

~~Al^{35+}~~ $+\ -$

ley de Coulomb.



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

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

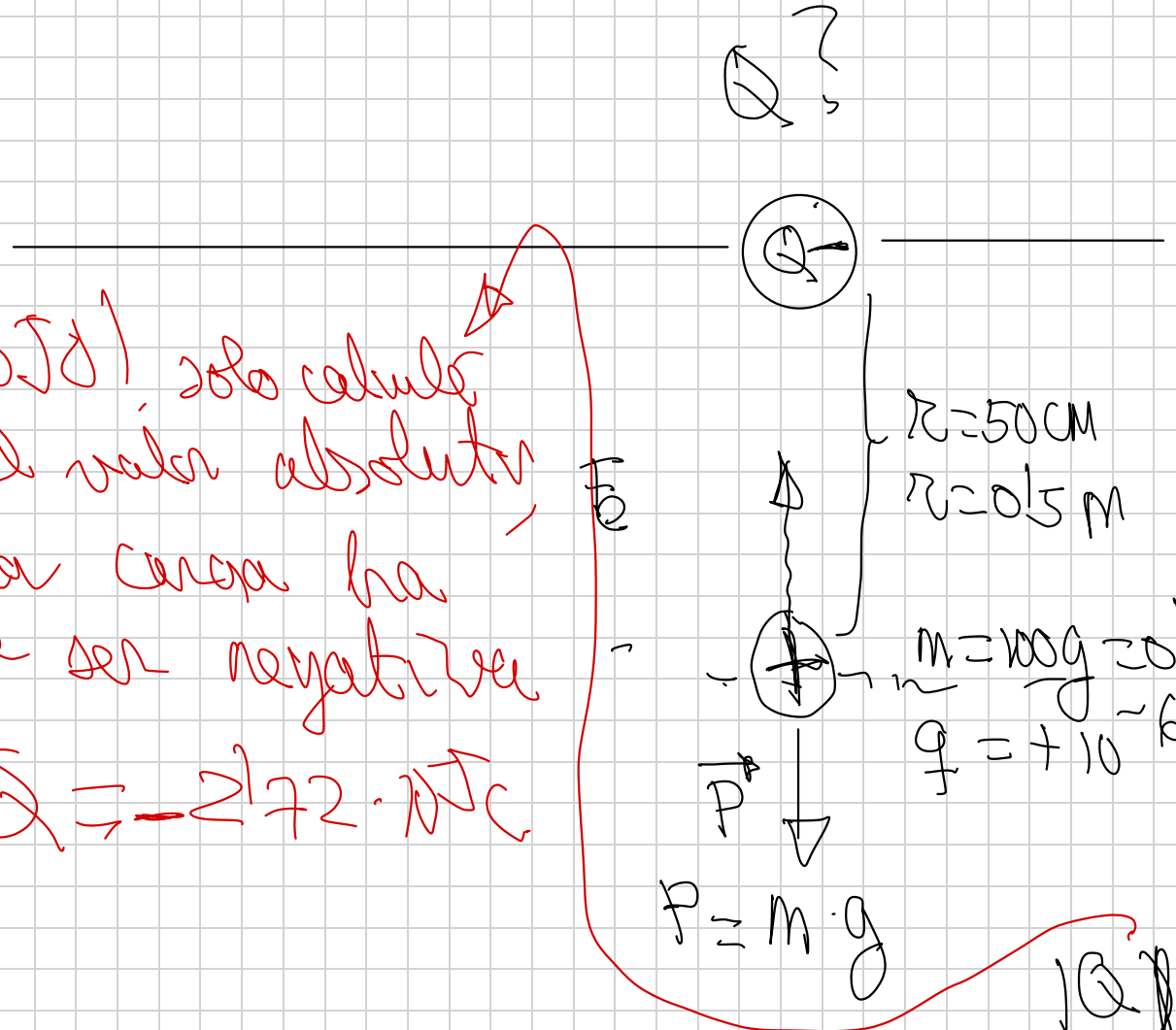
Q y q $\Rightarrow$ C

$r \Rightarrow (m)$

$F \Rightarrow N$.

1.- Una partícula de masa m=100 g está cargada con una carga q = $+10^{-6}$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 $m \cdot s^{-2}$, K=$9 \cdot 10^9$ $N \cdot m^2 \cdot C^{-2}$



¡|Q| solo calcula el valor absoluto, la carga ha de ser negativa

Q = −2'72·10⁻⁵C

$|\vec{F_g}| = |\vec{F_e}|$

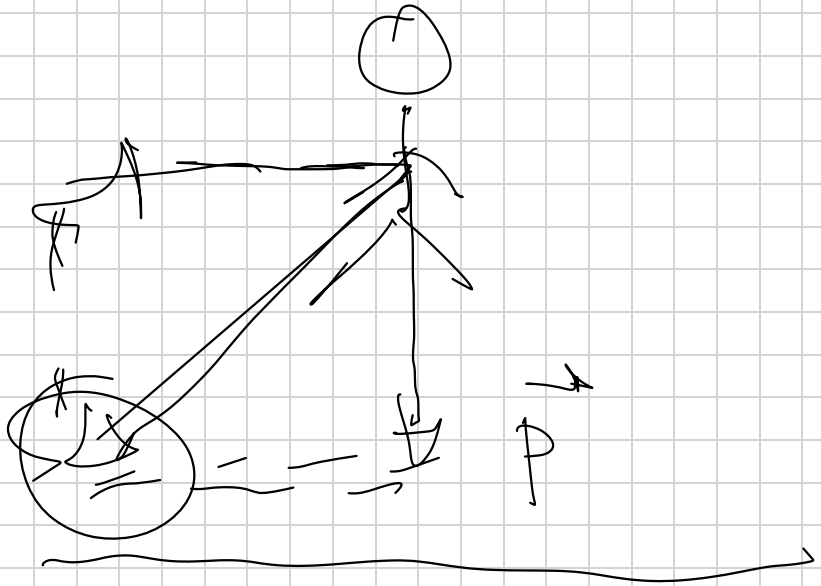
$m \cdot g = K \cdot \frac{|Q| \cdot |q|}{r^2}$

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

Equilibrio

$|Q| = \frac{0'1 \cdot 9'8 \cdot (0'5)^2}{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6}}$

$|Q| = 2'72 \cdot 10^{-5}$ C.


P

3.- En los puntos A(-1,0) m y B(0,1) m están situadas, respectivamente, las cargas puntuales q_1=+30μC y q_2=-40μC.

a) Calcular la fuerza que dichas cargas ejercen sobre una carga q_3=-10μC situada en el punto (0,0) m

b) Dibujar un esquema de todas las fuerzas actuantes

$K=9\cdot10^9\ N\cdot m^2\cdot C^{-2}$

Aplicamos principio de superposición de las fuerzas

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

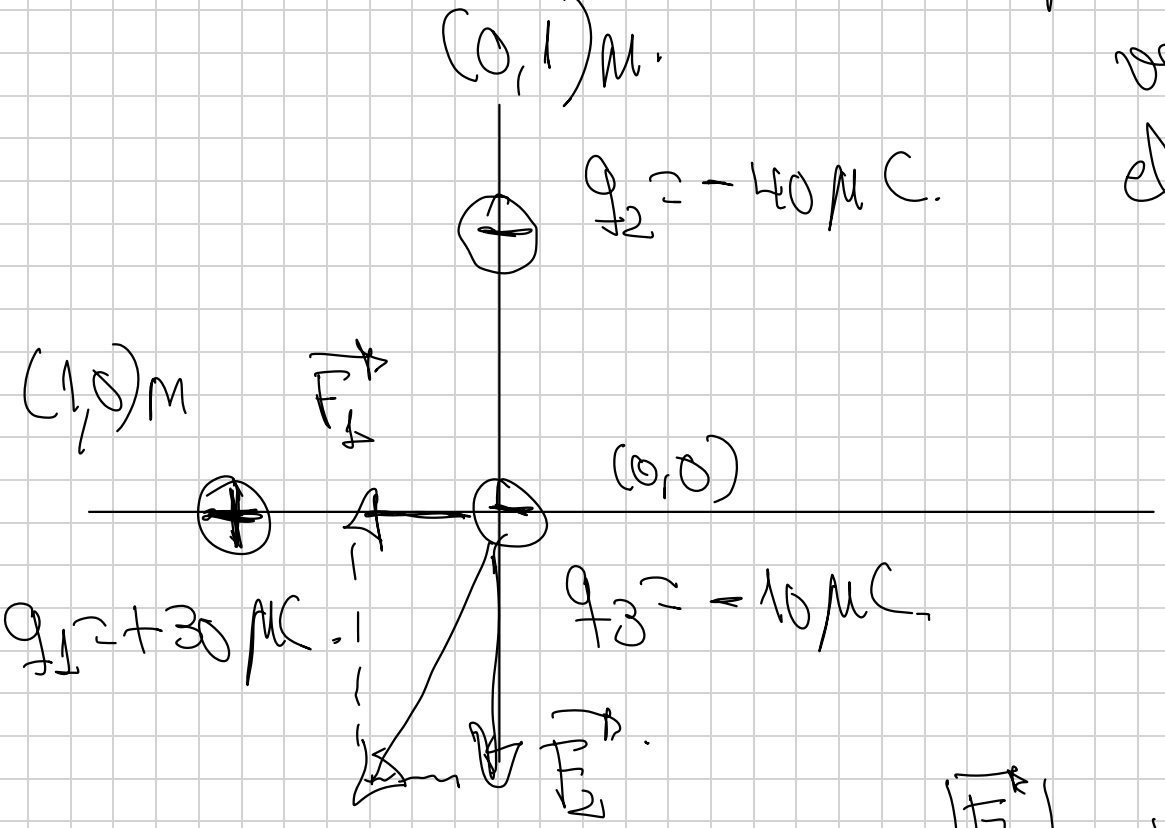
$1\ mC = 10^{-3}\ C$

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

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

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

¡OJO!, en las magnitudes vectoriales del campo eléctrico, primero se calcula el módulo y después dirección y sentido.



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

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

$$|\vec{F}_2| = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{1^2}$$

ley de Coulomb

$$|\vec{F}_1| = K \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{r^2}$$

$$|\vec{F}_1| = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{30 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{1^2}$$

$$|\vec{F}_1| = 2{,}7\ N$$

$$\vec{F}_1 = -2{,}7\ \vec{i}\ (N)$$

$|\vec{F}_2| = 3{,}6\ N.$

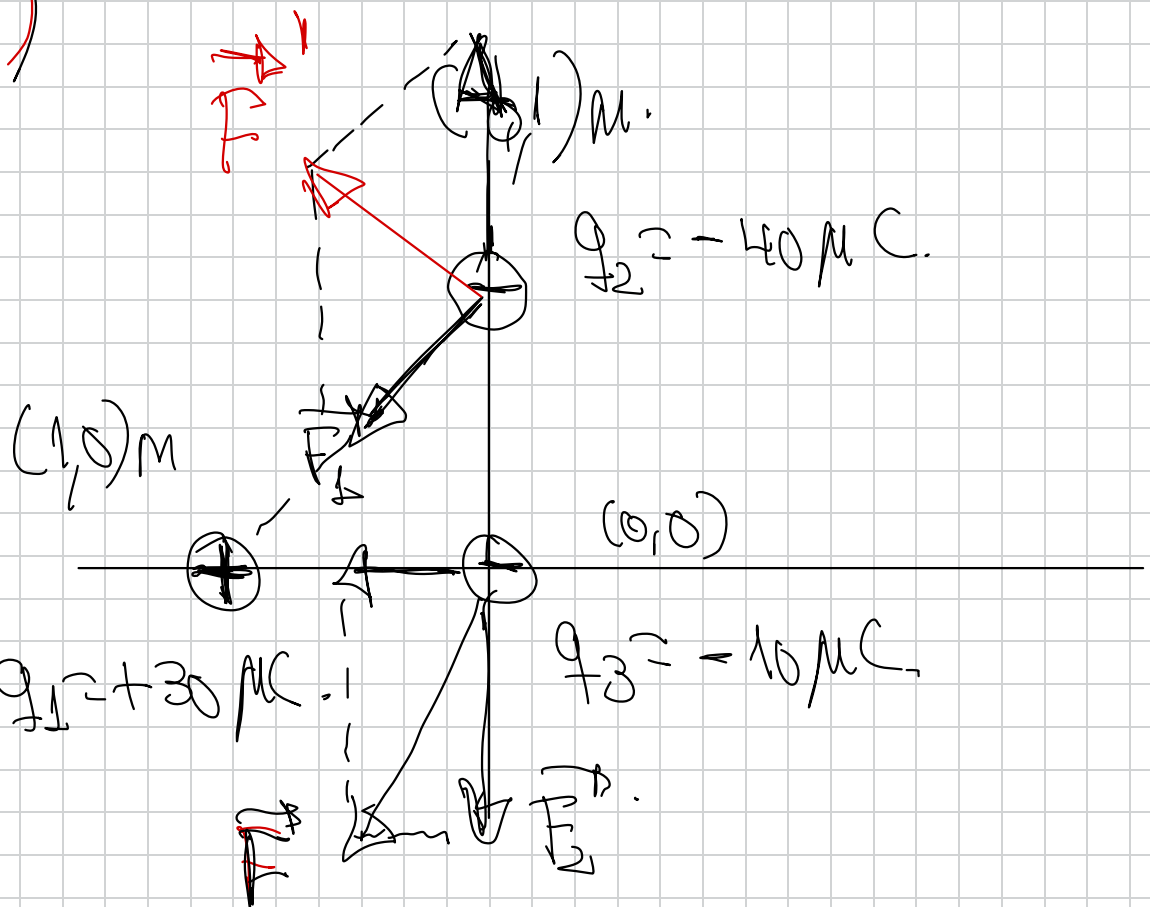
$\vec{F}_2 = -3{,}6\,\vec{j}\ (N)$

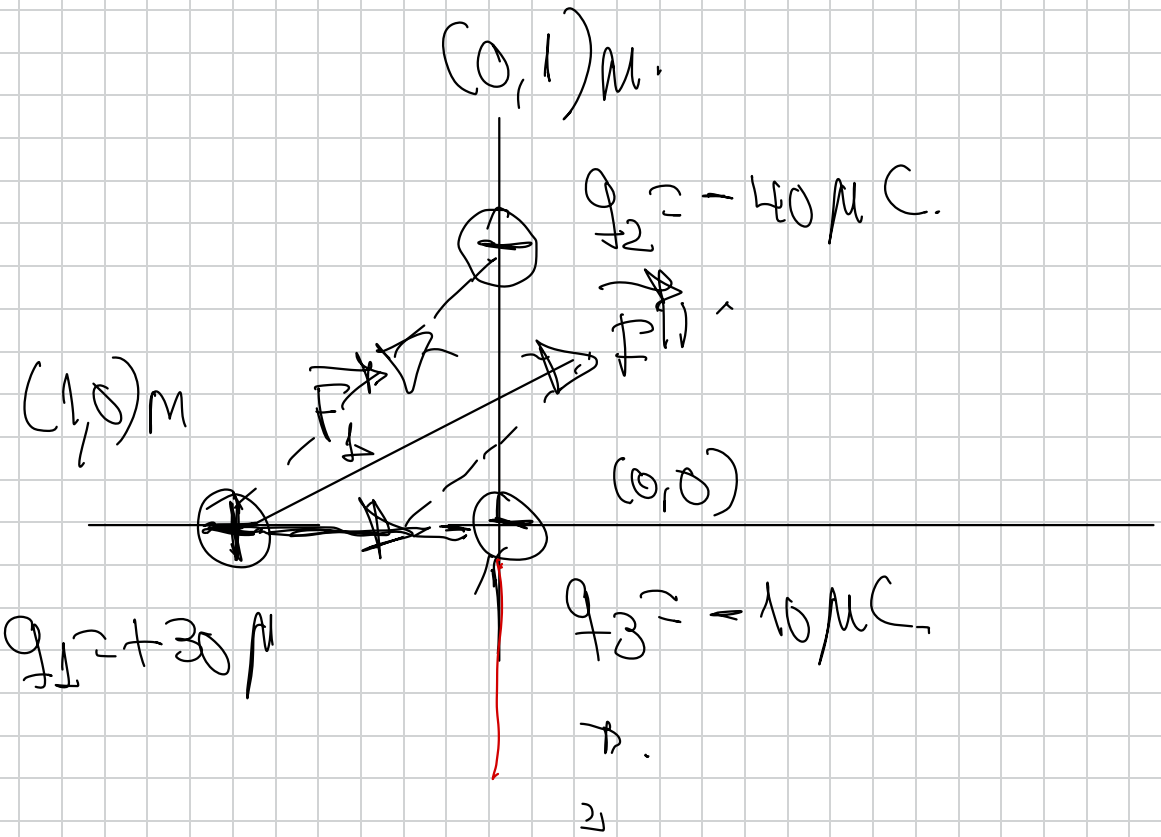
$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

$\vec{F} = -2{,}7\,\vec{i} - 3{,}6\,\vec{j}\ (N)$

$|\vec{F}| = \sqrt{x^2 + y^2} = 4{,}5\ N.$

b)




(0,1)m.
$q_2 = -40\mu C$.
F_2
F_1
(1,0)m
(0,0)
$q_1 = +30\mu$
$q_3 = -10\mu C$.

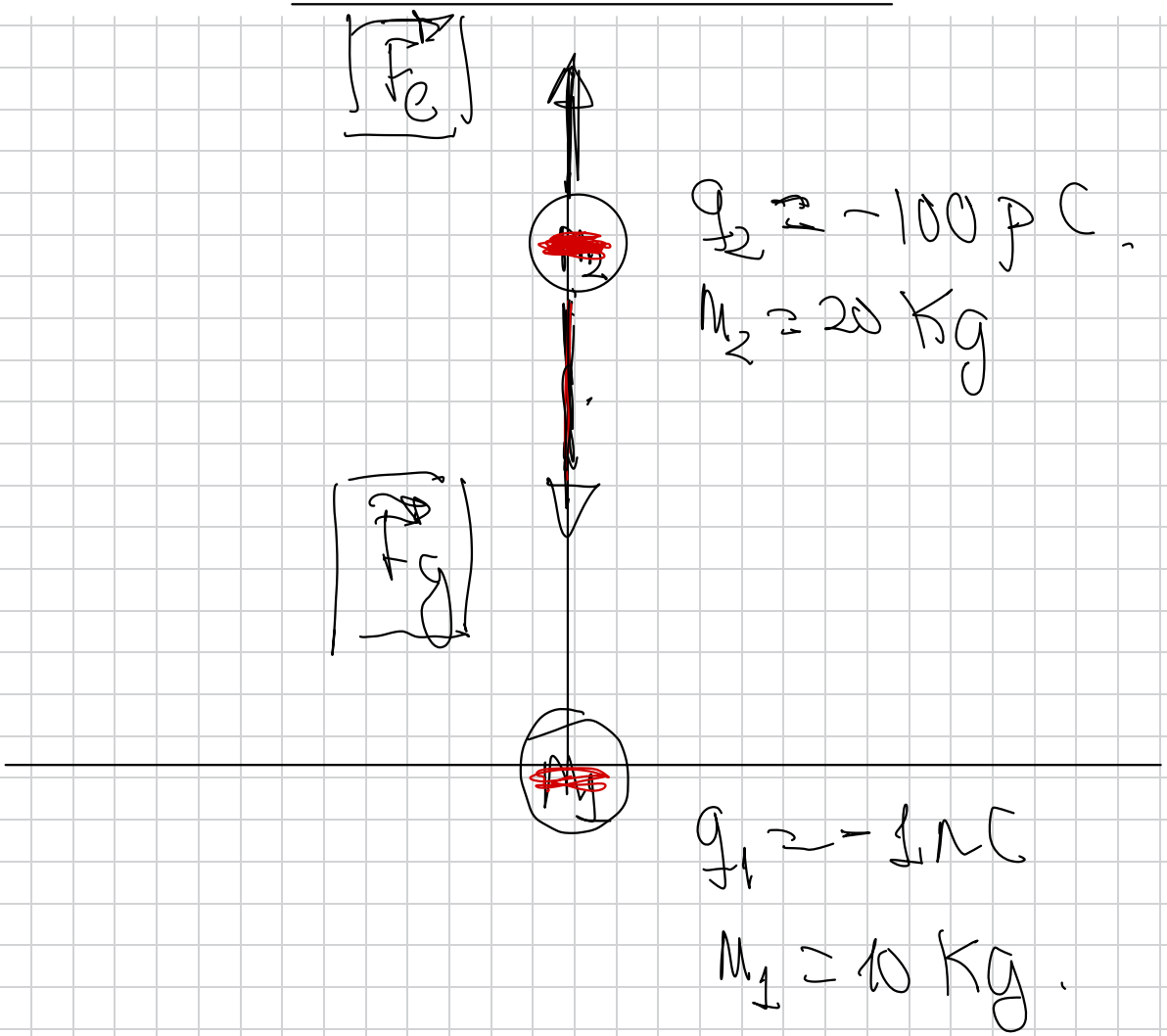
2.- Se sitúa en el origen de coordenadas del espacio vacío un cuerpo puntual de masa 10 Kg y con una carga eléctrica de -1nC. En el punto (0,1)m se sitúa otro cuerpo puntual de masa 20 Kg y carga eléctrica -100 pC.

a) Calcula la fuerza que ejerce el primer cuerpo sobre el cuerpo situado en (0,1) m

b) ¿Cuál es la relación entre la fuerza eléctrica y la fuerza gravitatoria en este caso?

c) 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)?

$K=9\cdot10^{9}\ N\cdot m^{2}\cdot C^{-2}$, $G=6{,}67\cdot10^{-11}\ N\cdot m^{2}\cdot Kg^{-2}$



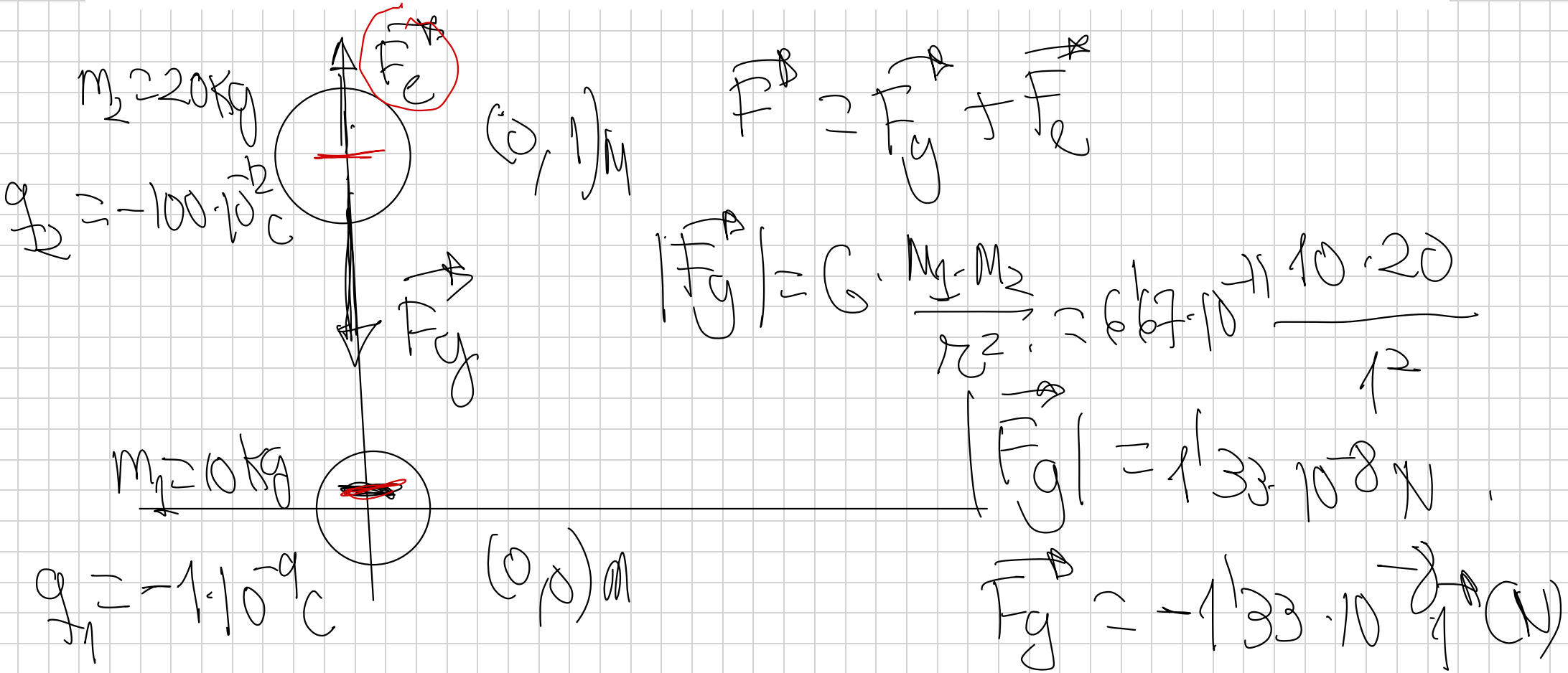
2.- Se sitúa en el origen de coordenadas del espacio vacío un cuerpo puntual de masa 10 Kg y con una carga eléctrica de -1nC. En el punto (0,1)m se sitúa otro cuerpo puntual de masa 20 Kg y carga eléctrica -100 pC.

a) Calcula la fuerza que ejerce el primer cuerpo sobre el cuerpo situado en (0,1) m

b) ¿Cuál es la relación entre la fuerza eléctrica y la fuerza gravitatoria en este caso?

c) 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)?

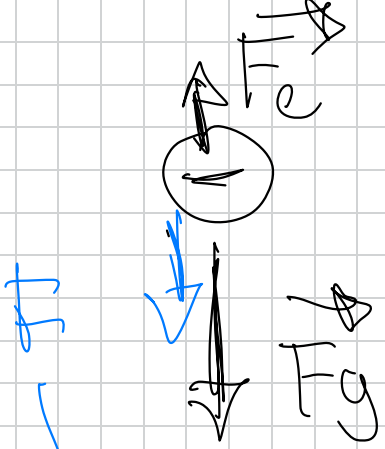
$K=9\cdot10^{9}\ N\cdot m^2\cdot C^{-2}$, $G= 6{,}67\cdot10^{-11}\ N\cdot m^2\cdot Kg^{-2}$



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

$$|\vec{F_e}| = 9 \cdot 10^{-10} \text{ N}$$

$$\vec{F_e} = +9 \cdot 10^{-10} \vec{j} \text{ (N)}$$



$\vec{F} = \ominus |1'24 \cdot 10^{-8}| (\vec{j})$ $\quad |\vec{F}| = 1'24 \cdot 10^{-8}$ N.

$|\vec{F}| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(-1'24 \cdot 10^{-8})^2 + 0^2} = 1'24 \cdot 10^{-8}$ N

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

$\vec{F} = +9 \cdot 10^{-10} \vec{j} + (-1'33 \cdot 10^{-8} \vec{j})$

$\vec{F} = -1'24 \cdot 10^{-8} \vec{j}$ (N)

$|\vec{F}| = 1'24 \cdot 10^{-8}$ N

$|\vec{F}| = |\vec{F}_g| - |\vec{F}_e| = 1'33 \cdot 10^{-8} - 9 \cdot 10^{-10} = 1'24 \cdot 10^{-8}$ N

$$\frac{|\vec{F_e}|}{|\vec{F_g}|} = \frac{9 \cdot 10^{-10}\ \cancel{N}}{1{,}33 \cdot 10^{-8}\ \cancel{N}} = 0{,}068.$$

→ mejor así.

$$\frac{|\vec{F_e}|}{|\vec{F_g}|} = \frac{K \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}}{G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}} = \frac{K \cdot Q \cdot q}{G\, M \cdot m} = 0{,}068.$$

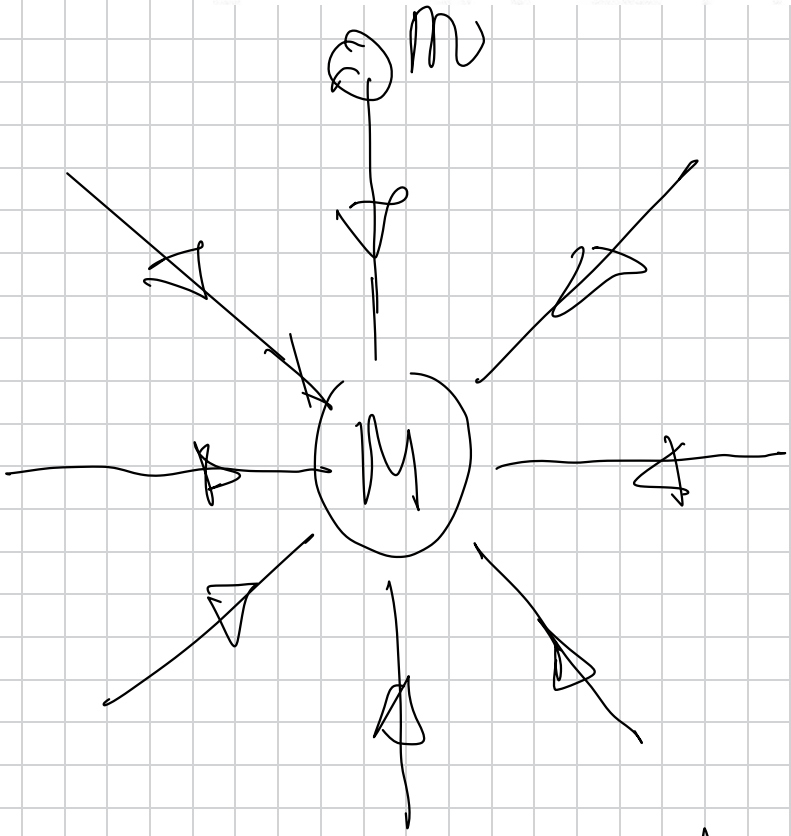
b)

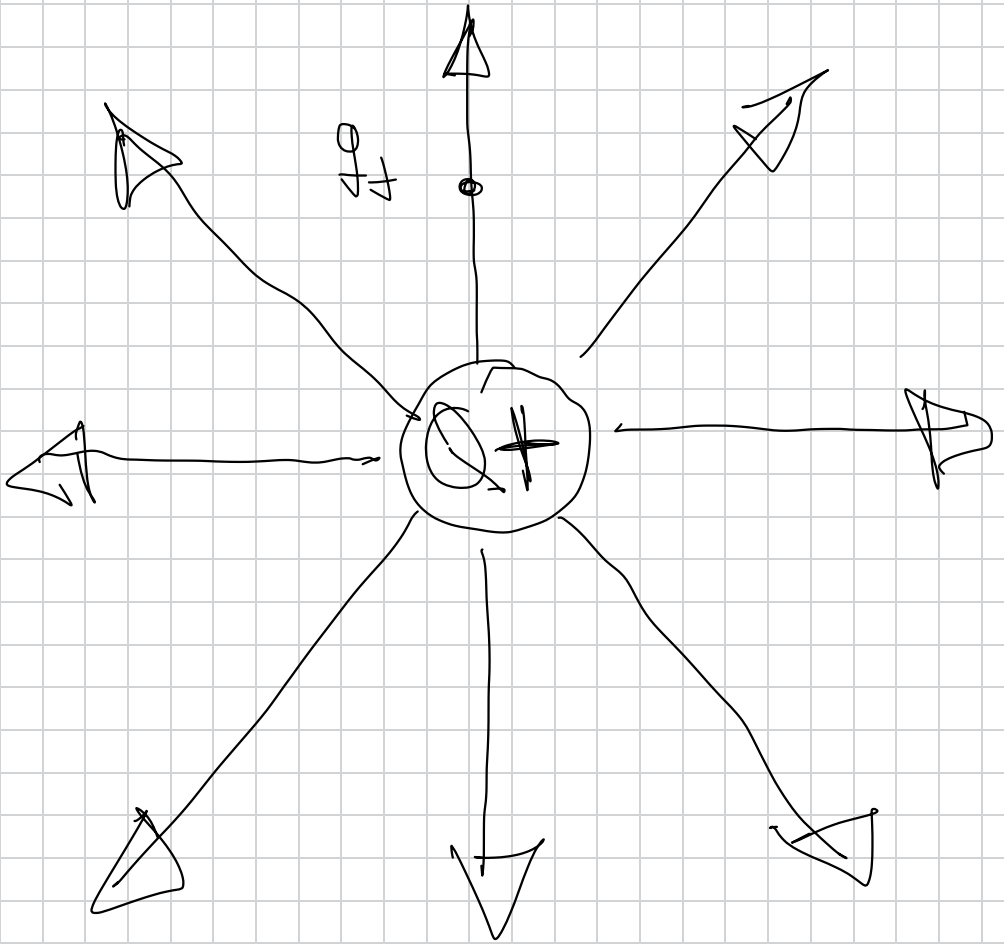
$$\frac{|\vec{F_e}|}{|\vec{F_g}|} = \frac{K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}}{G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}} = \frac{K|q_1||q_2|}{G m_1 \cdot m_2} = 0'068.$$

c)

La relación entre ambas fuerzas sigue siendo la misma porque la distancia entre ambas r no influye.

4.- EL CAMPO ELÉCTRICO. INTENSIDAD DEL CAMPO ELÉCTRICO

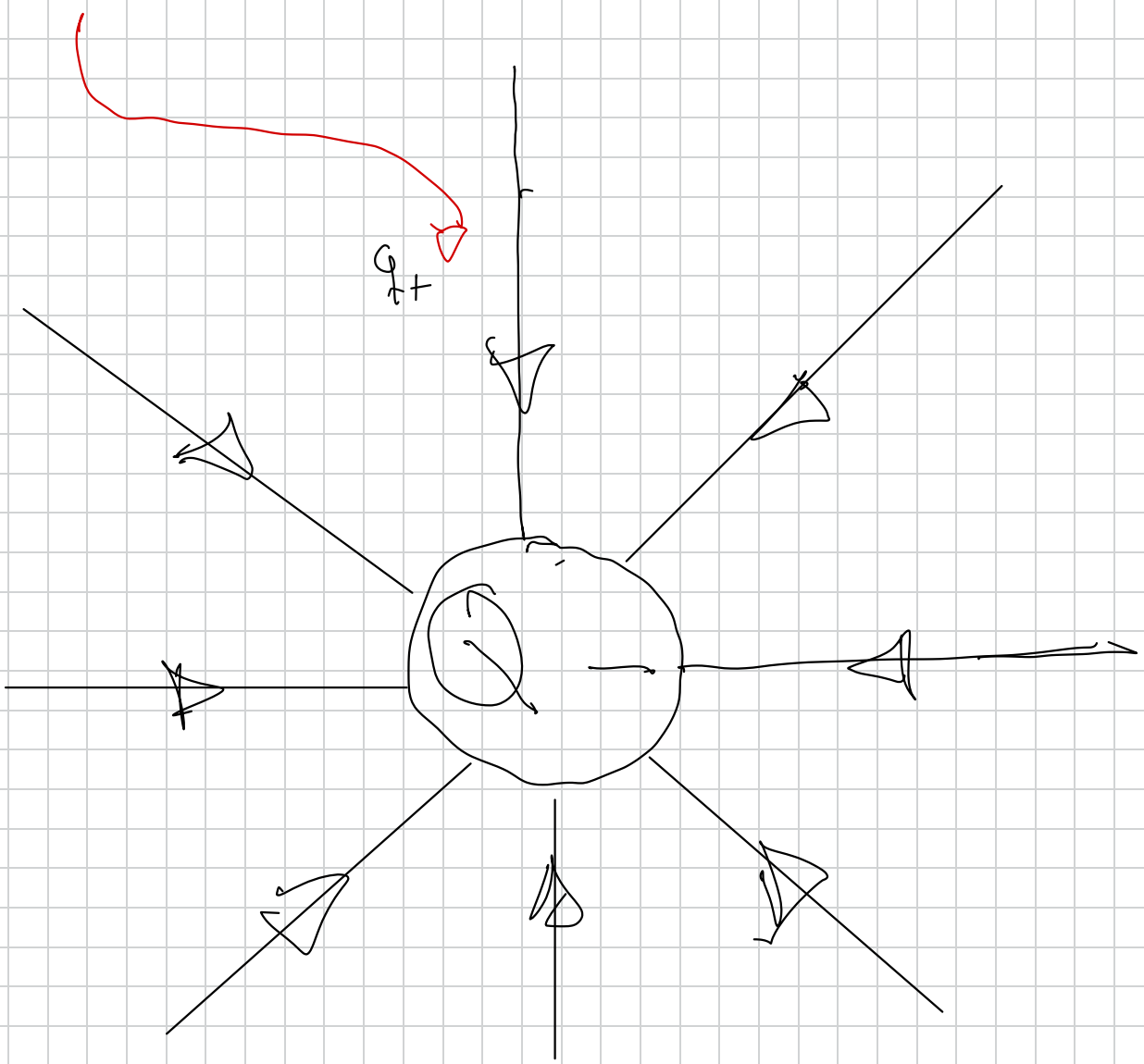




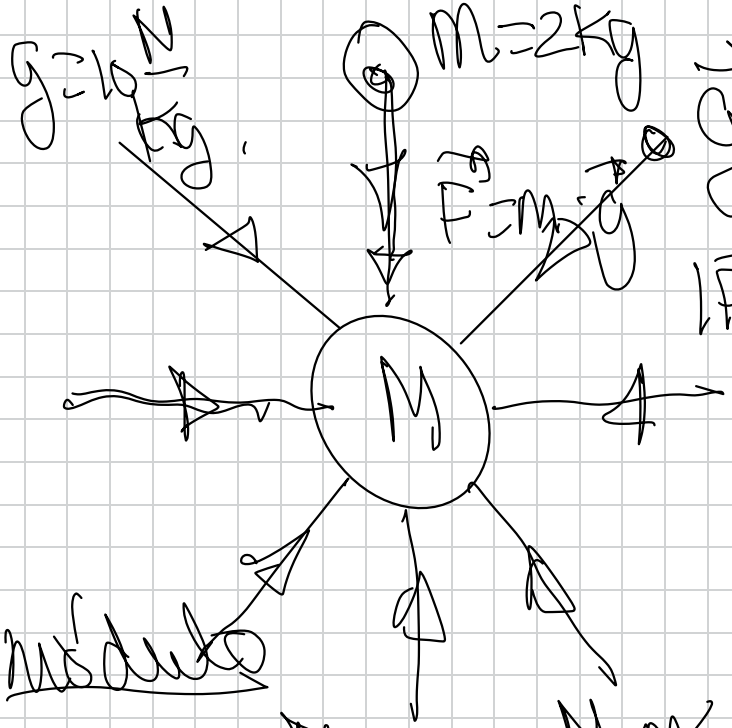
Líneas de campo eléctrico hipotéticas trayectorias que seguiría una carga abandonada en reposo en ese

q ¡¡¡POSITIVA!!!

Campo.



Campo eléctrico $\vec{E}$ o intensidad del campo eléctrico $\vec{E}$



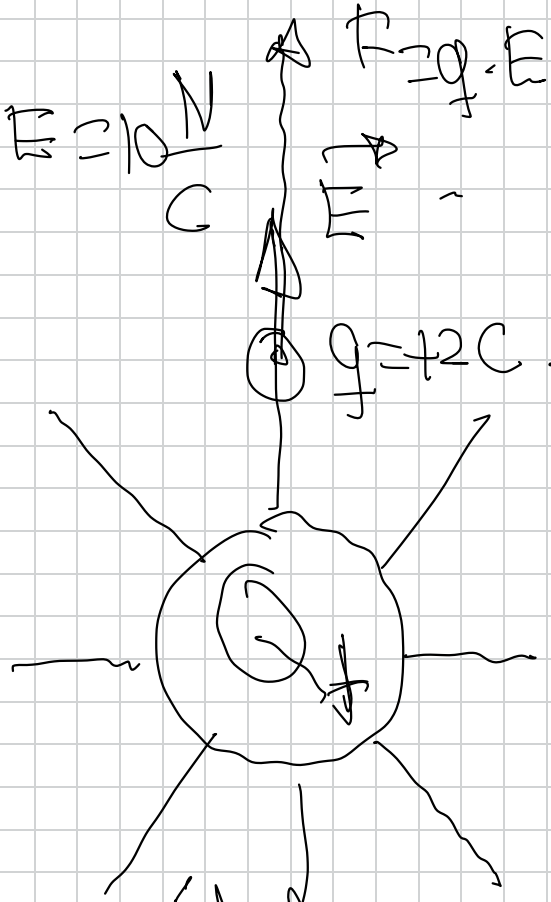
módulo

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

$$\frac{N}{kg} \left(= \frac{m}{s^2}\right)$$

$$F = m \cdot g$$

$$F = 2kg \cdot 10 \frac{N}{kg} = 20N$$



módulo

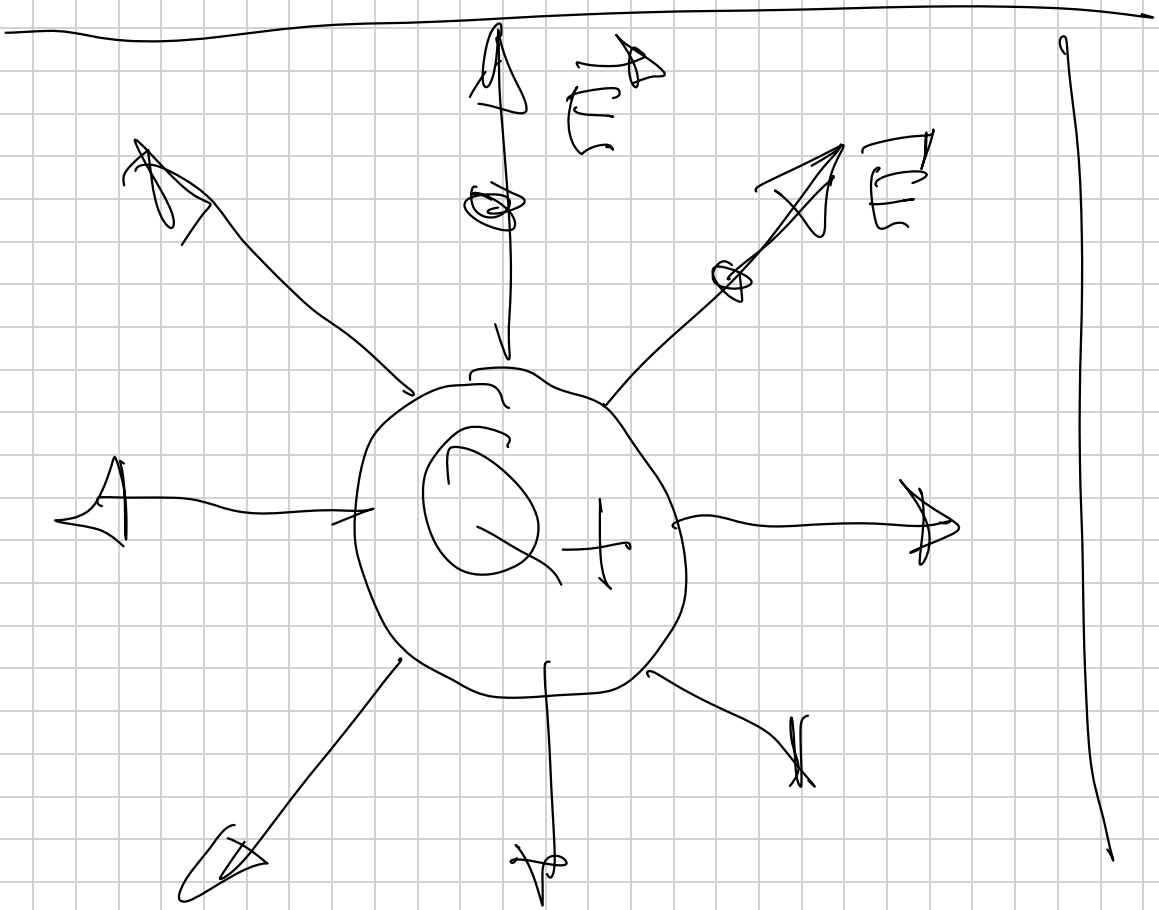
$$|\vec{E}| = \frac{|\vec{F}|}{|\vec{q}|} = \frac{K \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}}{q} = K \cdot \frac{Q}{r^2}$$

$$\frac{N}{C}$$

$$F = q \cdot E$$

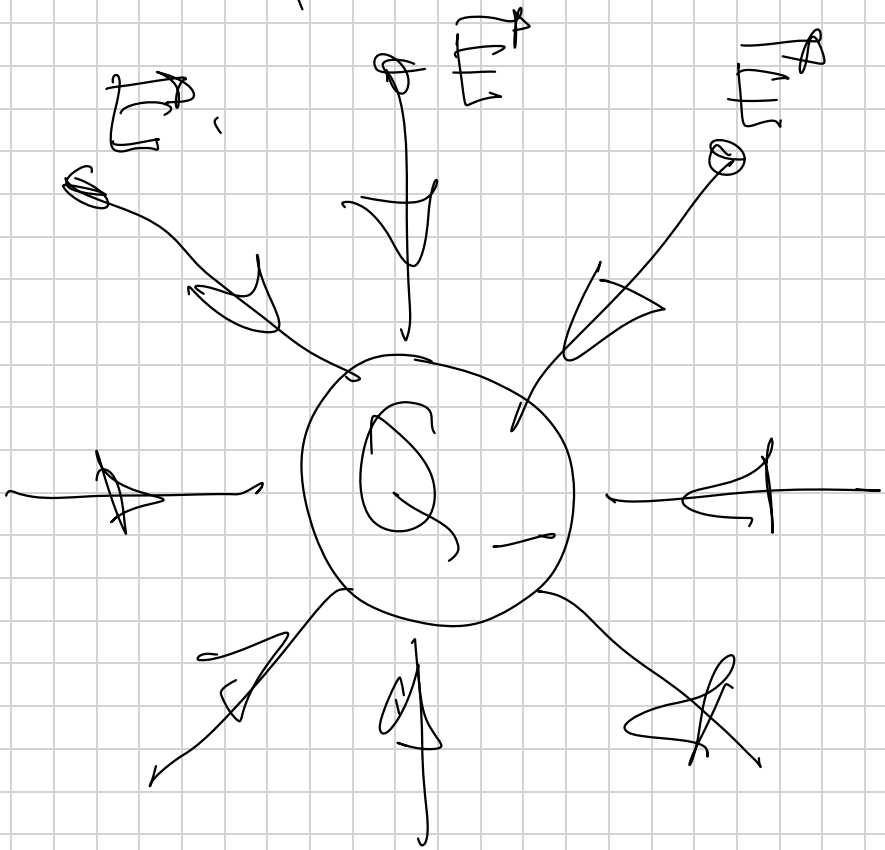
dirección: tg en cada pto a las líneas de campo

sentido: el de las líneas de campo.



dirección: tg en cada pto a las líneas de campo

sentido el de las líneas de campo



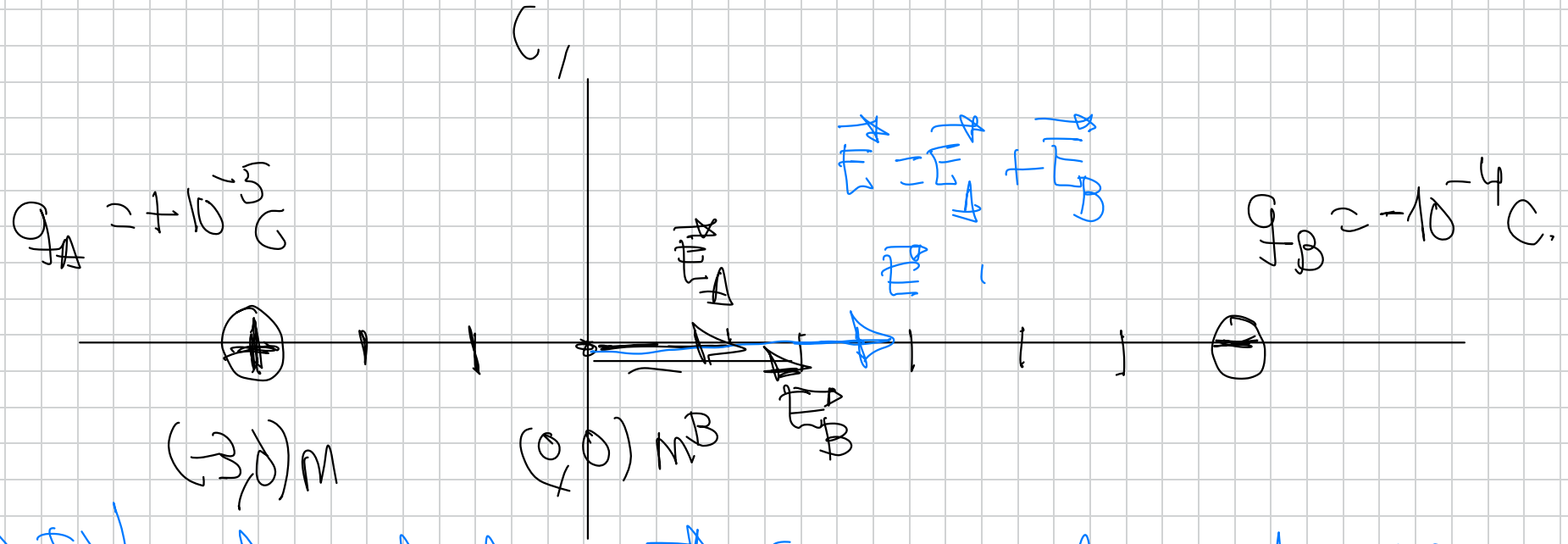
4.- En los puntos A(-3,0) m y B(6,0) m están situadas, respectivamente, las cargas puntuales $q_A=+10^{-5}$ C y $q_B=-10^{-4}$C.

a) Calcular $\vec{E}$, así como su modulo, en el punto (0,0) m

b) Calcular la fuerza ejercida sobre una carga de + 10^{-7} C si hipotéticamente estuviese situada en el punto (0,0) m

c) Calcular la fuerza ejercida sobre una carga de - 10^{-7} C si hipotéticamente estuviese situada en el punto (0,0) m

$K=9\cdot10^{9}\ N\cdot m^2\cdot C^{-2}$



¡OJO! al calcular $\vec{E}$ (magnitud vectorial)

- Módulo

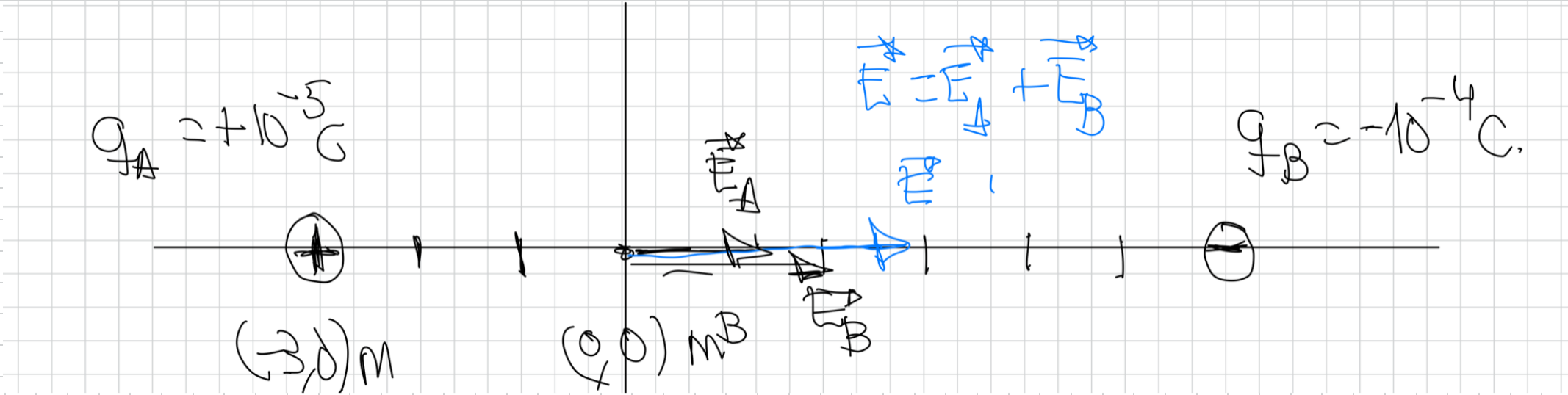
$$|\vec{E}_A| = K \cdot \frac{|q_A|}{r_A^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-5}}{3^2} = 10^4 \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_A = + 10^4 \vec{i} \left(\frac{N}{C}\right) \rightarrow \text{dirección y sentido opuesto.}$$

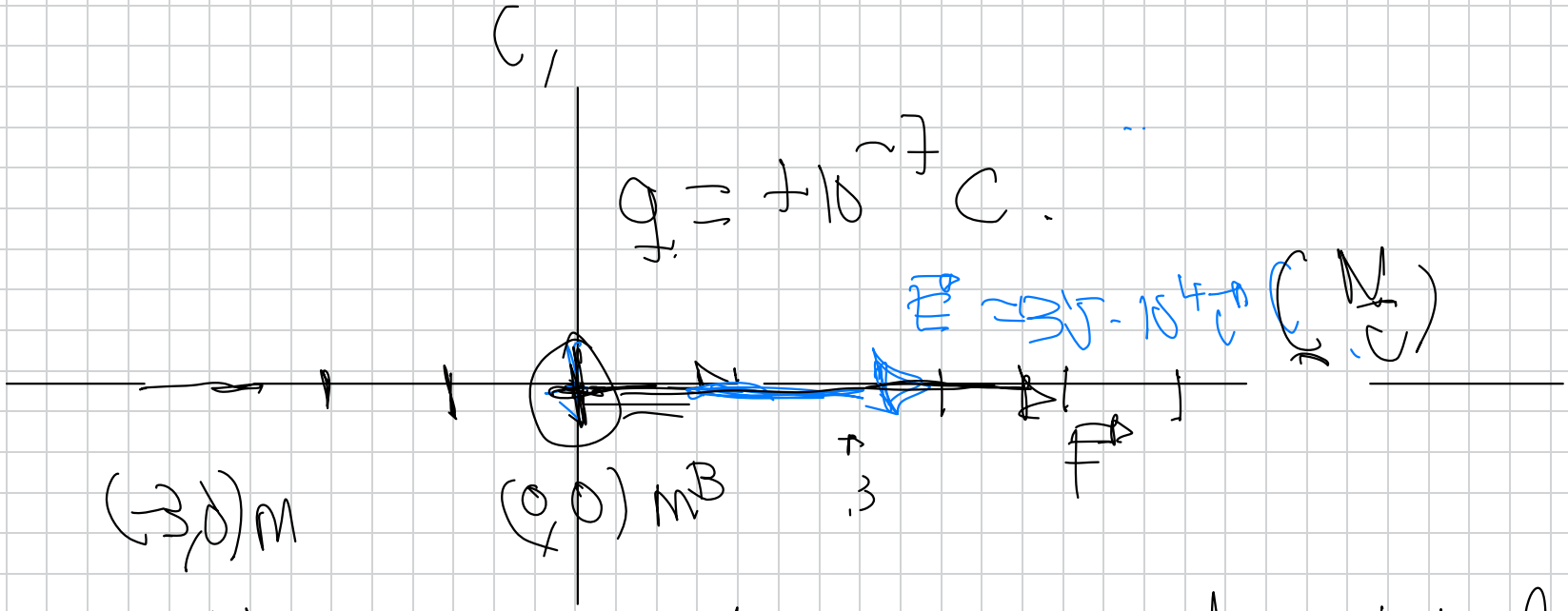
$$|\vec{E}_B| = K \cdot \frac{|q_B|}{r_B^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-4}}{6^2} = 2{,}5 \cdot 10^4 \frac{N}{C}.$$

$$\vec{E}_B = + 2{,}5 \cdot 10^4 \vec{i} \left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B = + 3{,}5 \cdot 10^4 \vec{i} \left(\frac{N}{C}\right).$$



b)



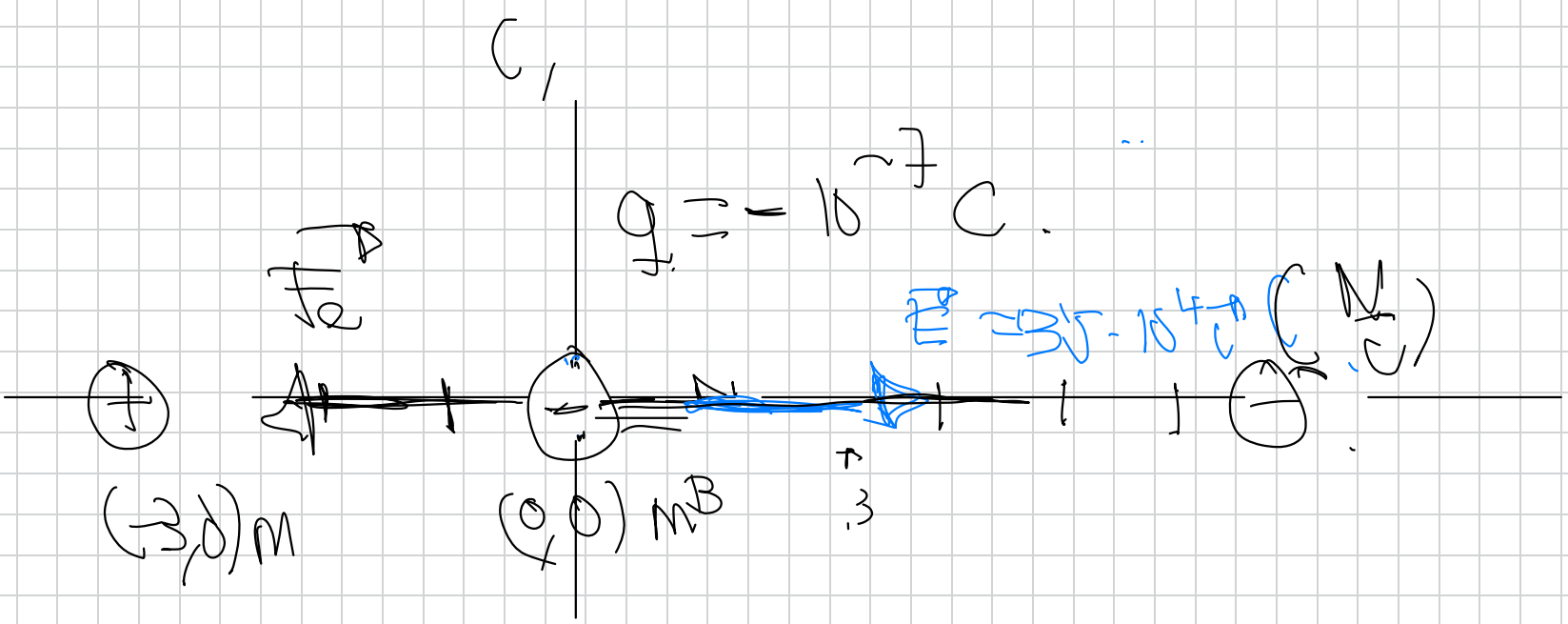
$|\vec{F}| = q \cdot |\vec{E}| \Rightarrow$ ¡OJO! primero el módulo

$$|\vec{F}| = 10^{-7}\,C \cdot 35 \cdot 10^{4}\,\frac{N}{C} = 35 \cdot 10^{-3}\,N$$

$$\vec{F} = +35 \cdot 10^{-3}\,\vec{i}\ (N)$$

En las cargas q ⊕ la fuerza experimentada es de la misma dirección y sentido que el campo $\vec{E}$.

c)



$$|\vec{F}| = q \cdot |\vec{E}| = 10^{-7} \cancel{C} \cdot 35 \cdot 10^{4} \frac{N}{\cancel{C}} = 35 \cdot 10^{-3} \, N$$

$$\vec{F_e} = -35 \cdot 10^{-3} \vec{i} \, (N)$$

En las cargas $\oplus$ $\ominus$ la fuerza experimentada es de la misma dirección pero de sentido opuesto al campo $\vec{E}$.

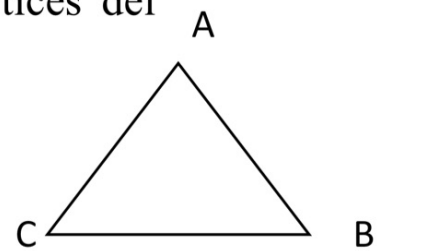
5.- Las cargas $q_A = -4\cdot10^{-9}$ C y $q_B = +2\cdot10^{-9}$ C están situadas en los vertices del triángulo equilátero de la figura, el cual posee 2 cm de lado

a) Calcular el valor del campo eléctrico en el vértice C de dicho triángulo

b) ¿Qué fuerza se ejercería sobre una carga de 1 μC si ésta se situase en C?

c) ¿Qué fuerza se ejercería sobre una carga de -2 μC si ésta se situase en C?

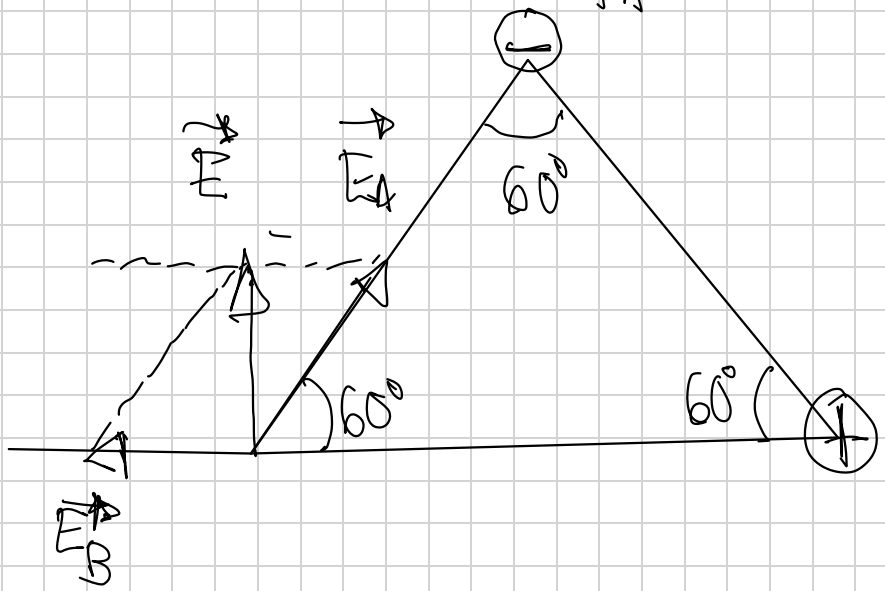
$K=9\cdot10^9\ N\cdot m^2\cdot C^{-2}$



2cm = 0'02m

pag 69.

$q_A = -4\cdot10^{-9}$ C.



Principio de superposición

$\vec{E} = \vec{E_A} + \vec{E_B}$.

Módulo aparte

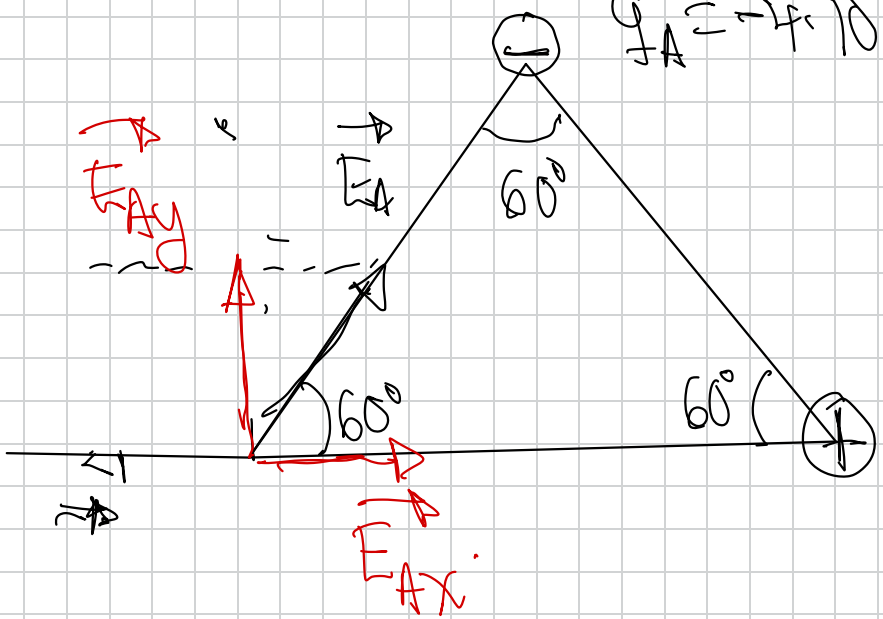
$|\vec{E_B}| = k\cdot\frac{|q_B|}{r^2}$

$q_B = +2\cdot10^{-9}$ C.

$|\vec{E_B}| = 9\cdot10^9\cdot\frac{2\cdot10^{-9}}{(0'02)^2}$

$|\vec{E_B}| = 45\cdot10^4\ \frac{N}{C}$.

$\vec{E_B} = -45\cdot10^4\ \vec{i}\ \left(\frac{N}{C}\right)$.



$q_{fA} = -4 \cdot 10^{-9}\ C.$

$$|\vec{E}_A| = K \cdot \frac{|q_{fA}|}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-9}}{(0{,}2)^2}$$

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

$$\sin 60^\circ = \frac{|\vec{E}_{Ay}|}{|\vec{E}_A|} \Rightarrow |\vec{E}_{Ay}| = |\vec{E}_A| \cdot \sin 60^\circ = 9 \cdot 10^4 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 7{,}8 \cdot 10^4 \ \frac{N}{C}$$

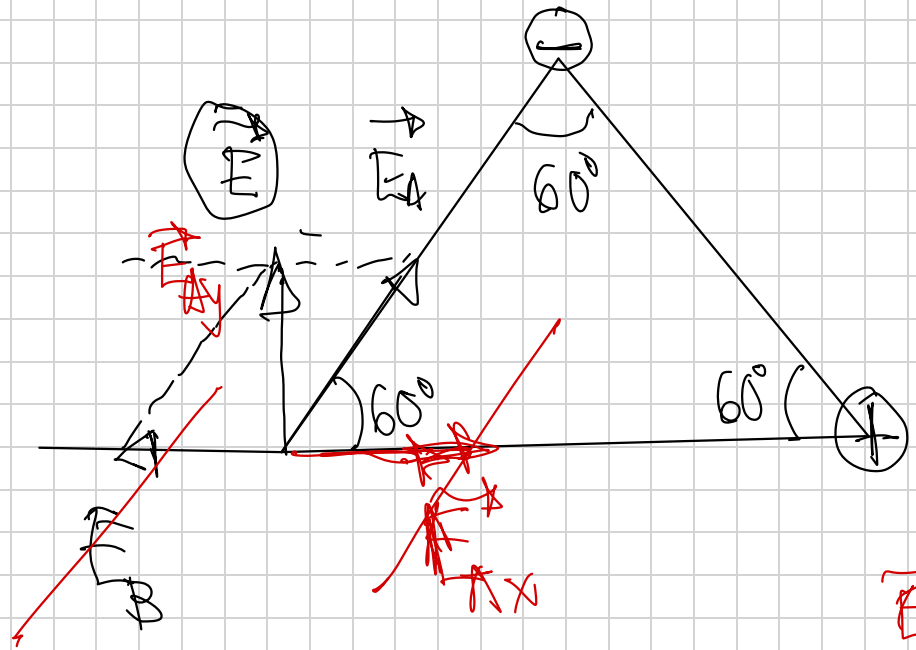
$$\vec{E}_{Ay} = +7{,}8 \cdot 10^4 \vec{j} \ \left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\cos 60^\circ = \frac{|\vec{E}_{Ax}|}{|\vec{E}_A|} \Rightarrow |\vec{E}_{Ax}| = |\vec{E}_A| \cdot \cos 60^\circ = 9 \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{2} = 4{,}5 \cdot 10^4 \ \frac{N}{C}.$$

$$\vec{E}_{Ax} = +4{,}5 \cdot 10^4 \vec{i} \ \left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\vec{E}_A = \vec{E}_{Ax} + \vec{E}_{Ay} \Rightarrow \vec{E}_A = 4{,}5 \cdot 10^4 \vec{i} + 7{,}8 \cdot 10^4 \vec{j} \ \left(\frac{N}{C}\right)$$

Principio de superposición



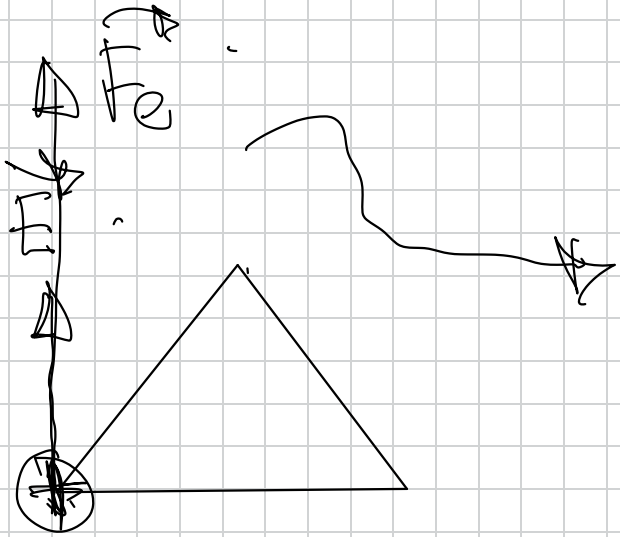
$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$$

$$\vec{E} = 4\vec{j}\cdot 10^4 + 7\vec{j}\cdot 10^4 - 4\vec{j}\cdot 10^4$$

$$\vec{E} = 7\vec{j}\cdot 10^4 \left(\frac{N}{C}\right)$$

$$|\vec{E}| = 7 \cdot 10^4 \left(\frac{N}{C}\right)$$

b)



$q = +1\,\mu C$.

$q = 10^{-6} C$.

En una carga ⊕ la fuerza va en la misma dirección y sentido que $\vec{E}$.

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

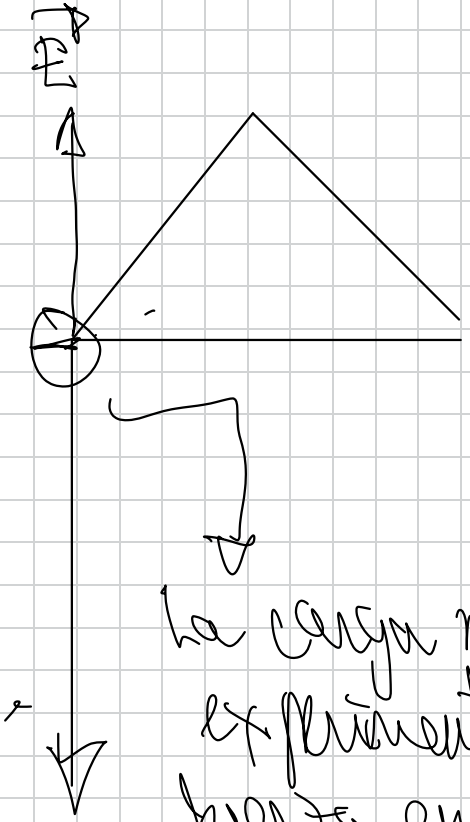
Primero módulo.

$$|\vec{F}| = 10^{-6}\,C \cdot 7{,}8 \cdot 10^{4}\,\frac{N}{C}$$

$$|\vec{F}| = 7{,}8 \cdot 10^{-2}\,N$$

$$\vec{F} = +7{,}8 \cdot 10^{-2}\,\vec{j}\,(N)$$

c)



$q = -2\,\mu C$

$q = -2 \cdot 10^{-6}\,C$

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

$$|\vec{F}| = 2 \cdot 10^{-6}\,C \cdot 7{,}8 \cdot 10^{4}\,\frac{N}{C}$$

$$|\vec{F}| = 15{,}6 \cdot 10^{-2}\,N.$$

$$\vec{F} = -15{,}6 \cdot 10^{-2}\,\vec{j}\,(N)$$

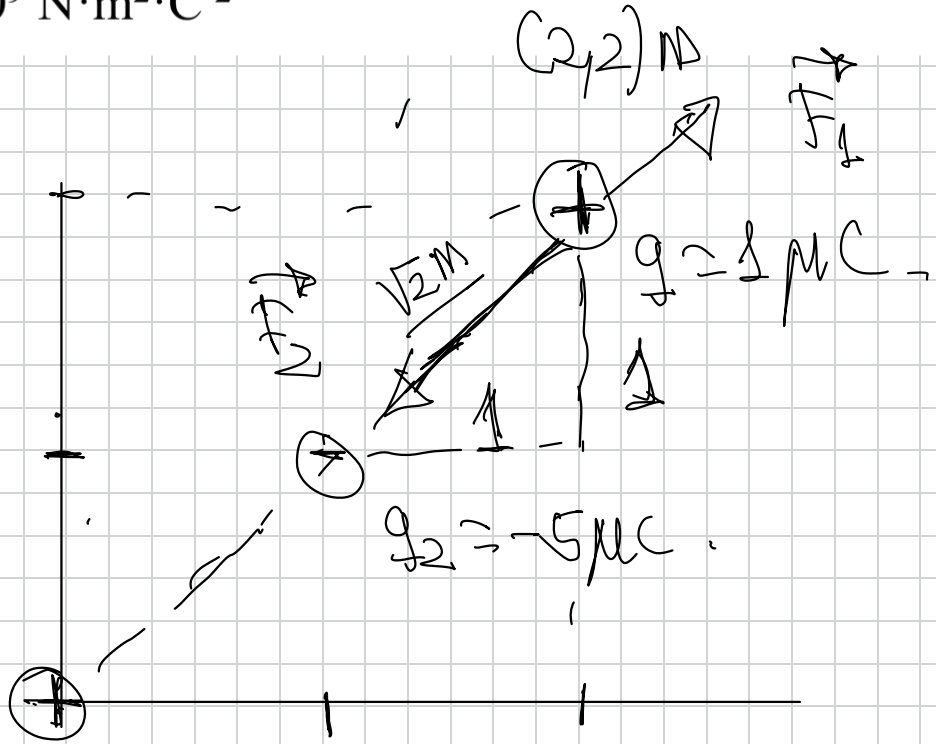
La carga negativa experimenta una fuerza en la misma dirección pero sentido contrario al campo $\vec{E}$.

7.- Dos cargas puntuales de 8 μC y -5μC están situadas respectivamente en los puntos (0,0) m y (1,1) m . Calcular:

a) La fuerza que actúa sobre una carga de 1 μC situada en el punto (2,2) m

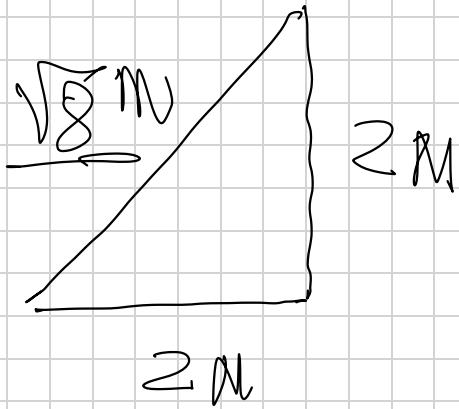
b) El trabajo necesario para llevar a ésta última carga desde el punto que ocupa hasta punto (0,1) m. Dar una interpretación del resultado.

$K=9\cdot10^9\ N\cdot m^2\cdot C^{-2}$



Principio de superposición.

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



$q_1 = +8\ \mu C$

V

Ley de Coulomb.

$$|\vec{F}_1| = K\frac{|q_1|\cdot|q|}{r^2} = 9\cdot10^9\cdot\frac{8\cdot10^{-6}\cdot1\cdot10^{-6}}{(\sqrt{8})^2} = 9\cdot10^{-3}\ N.$$

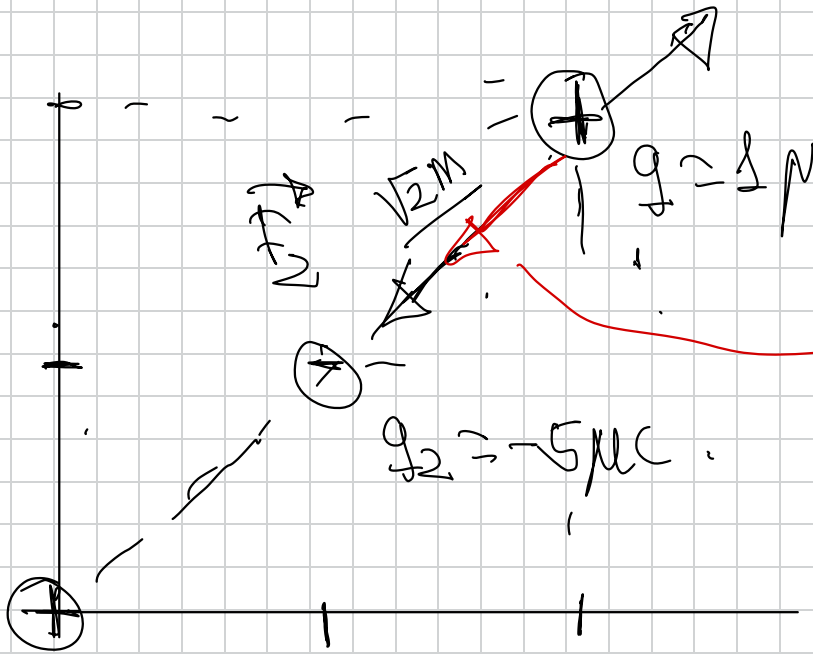
$$|\vec{F}_2| = k \cdot \frac{|q_2| \cdot |q|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{(\sqrt{2})^2} = 2{,}25 \cdot 10^{-2}\,N$$

$$\frac{\sqrt{8}}{2} = \sqrt{2}$$

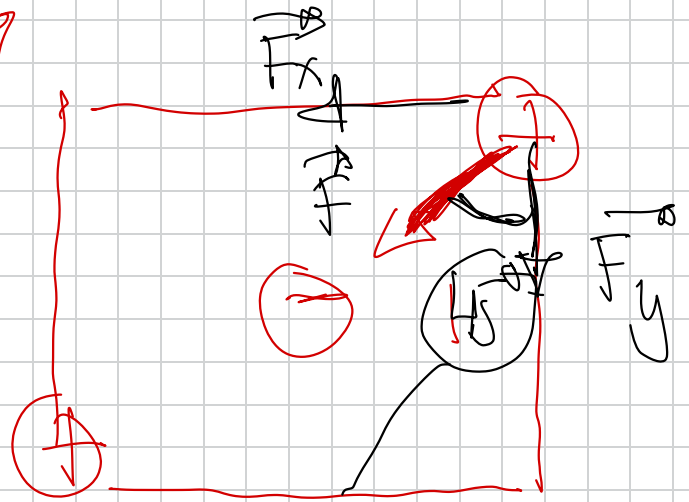
$$|\vec{F}_2| > |\vec{F}_1|$$

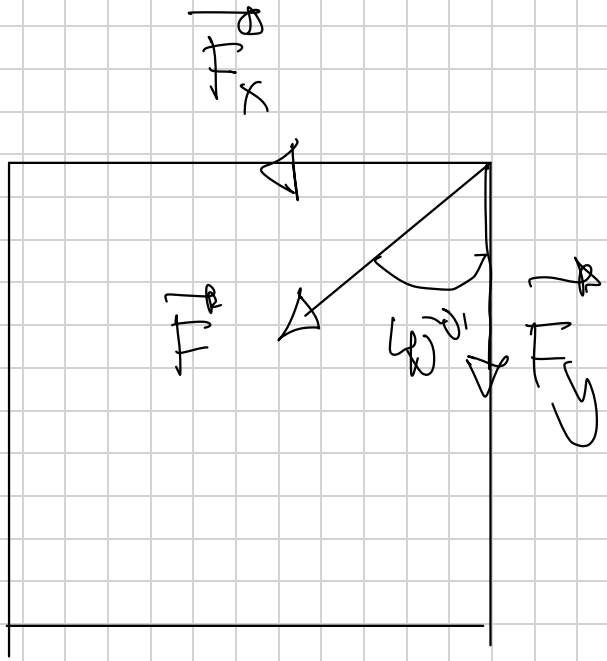
$$|\vec{F}| = |\vec{F}_2| - |\vec{F}_1|$$

$$|\vec{F}| = 2{,}25 \cdot 10^{-2} - 9 \cdot 10^{-3}$$



$$|\vec{F}| = 13{,}5 \cdot 10^{-2}\,N$$





$\operatorname{sen} 45^\circ = \dfrac{|\vec{F}_x|}{|\vec{F}|} \quad |\vec{F}_x| = |\vec{F}| \cdot \operatorname{sen} 45^\circ = 1{,}3 \cdot 10^{-2} \cdot \dfrac{\sqrt{2}}{2} \simeq 9{,}2 \cdot 10^{-3}\ N$

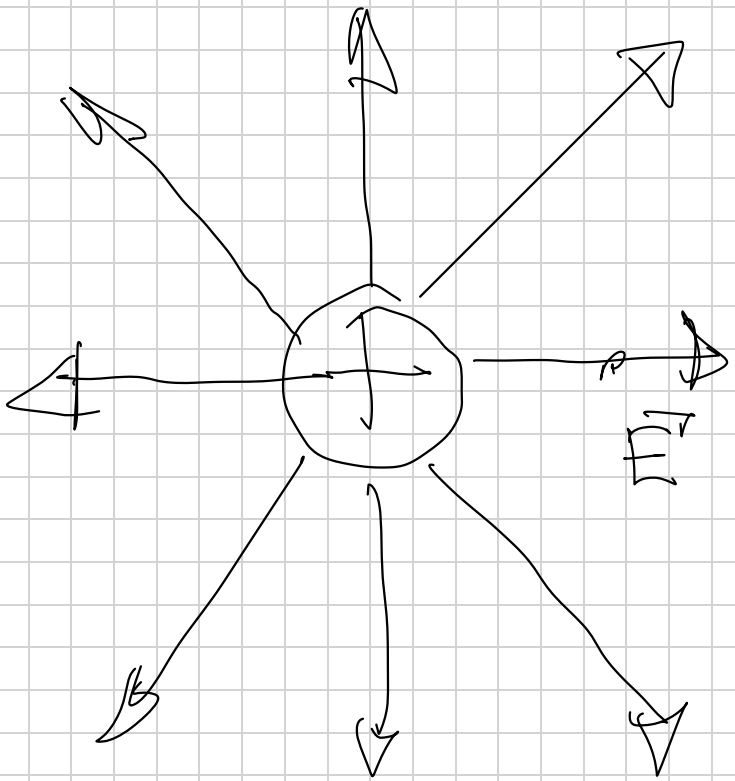
$\vec{F}_x \simeq -9{,}2 \cdot 10^{-3}\ \vec{i}\ (N)$

$\cos 45^\circ = \dfrac{|\vec{F}_y|}{|\vec{F}|} \quad |\vec{F}_y| = |\vec{F}| \cdot \cos 45^\circ = 1{,}3 \cdot 10^{-2} \dfrac{\sqrt{2}}{2} = 9{,}2 \cdot 10^{-3}\ N$

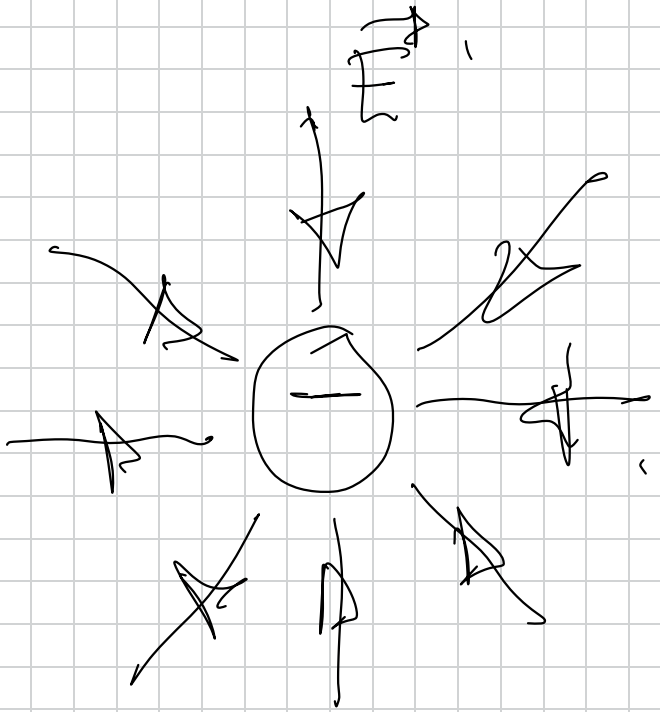
$\vec{F}_y = -9{,}2 \cdot 10^{-3}\ \vec{j}\ (N)$

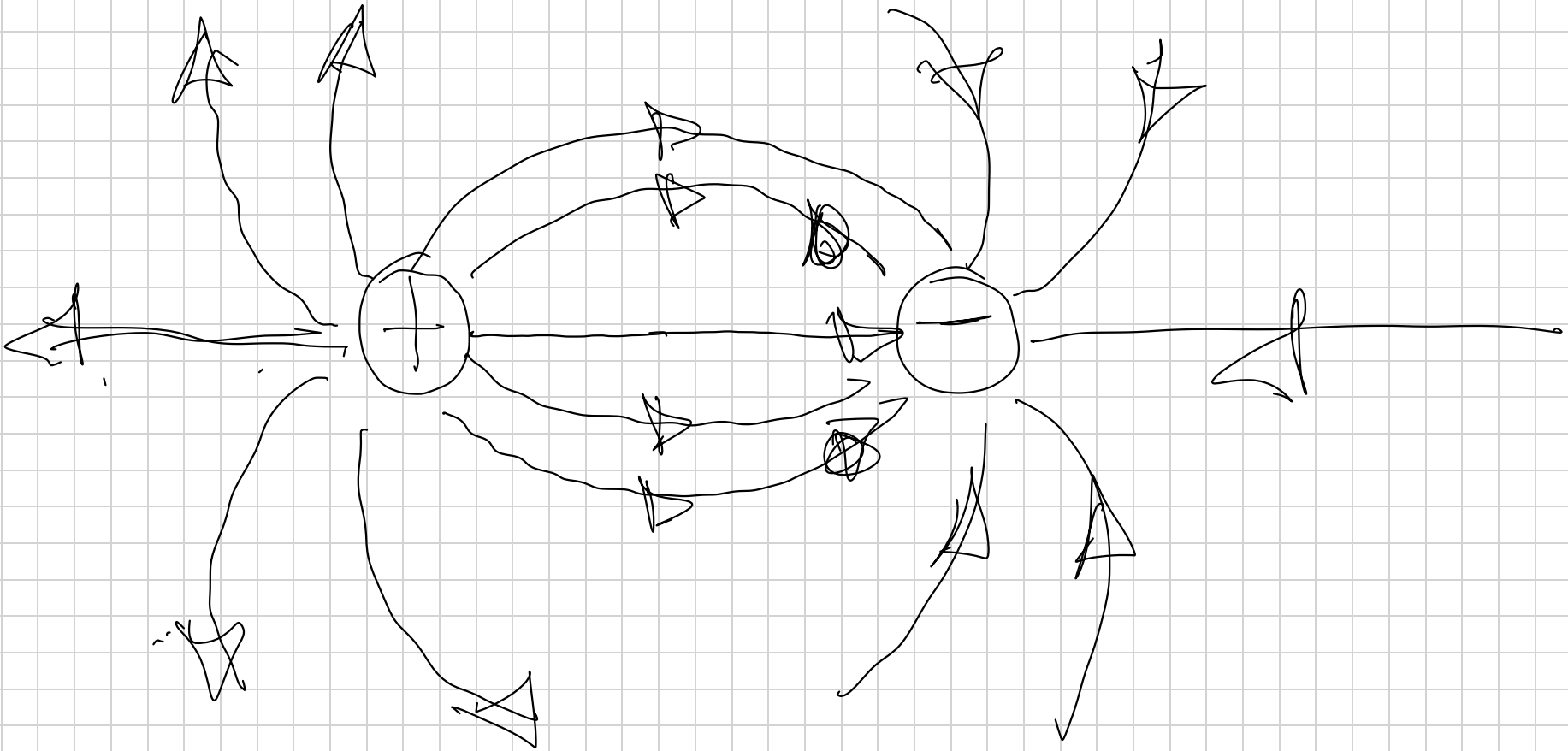
$$\vec{F} = -9\cdot10^{9}\cdot r^{-3}\vec{r} - 9\cdot10^{9}\cdot r^{-3}\vec{j}\ (N)$$

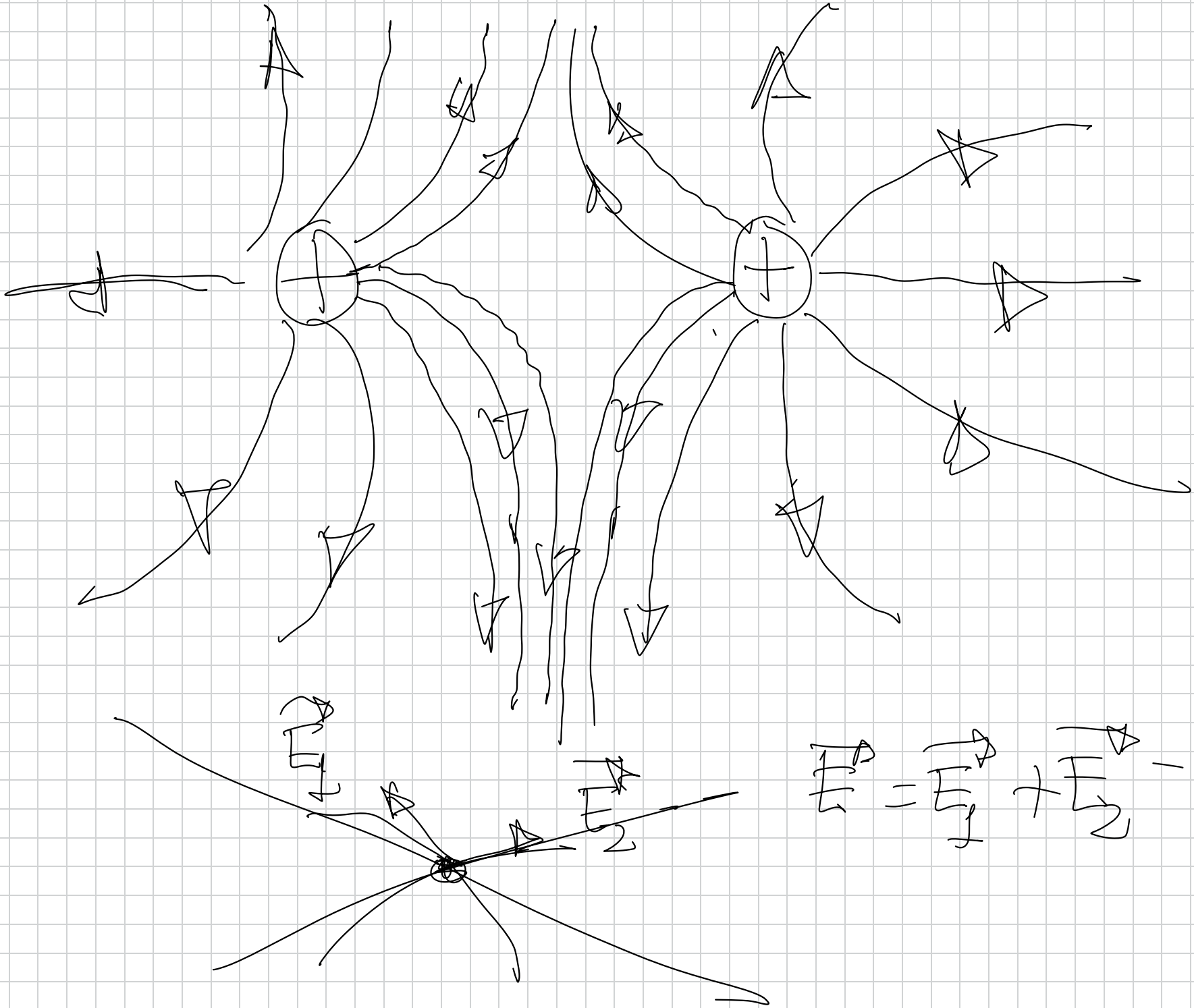
Pag 43 Líneas de campo.










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

La Electrica es una fuerza central y como todas las fuerzas centrales, es conservativa y por ello lleva asociada una E_p.

magnitudes vectoriales

$\vec{F}_g$

$\vec{F}_e$

$\vec{G}$

$\vec{E}$

MAGNITUDES ESCALARES

CAMPO GRAVITATORIO

$$E_{p\,\text{gravitatoria}} = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r}$$

J en S.I.

CAMPO ELÉCTRICO

$$E_{p\,\text{eléctrica}} = k \frac{Q \cdot q}{r}$$

→ Se sustituye cada carga con su signo ¡OJO!

J en S.I.

POTENCIAL GRAVITATORIO

POTENCIAL ELÉCTRICO

$$V = \frac{E_p}{m} = \frac{-G\frac{M \cdot m}{r}}{m} = -G\frac{M}{r}$$

$\frac{J}{Kg}$ en SI.

$E_p = m \cdot V$

Propiedad

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

$\frac{J}{C}$ en SI

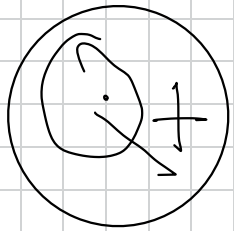
V en SI.

VOLTIO.

$E_p = q \cdot V$

Eléctrica

Como en cualquier magnitud escalar, se sustituye la carga por su signo

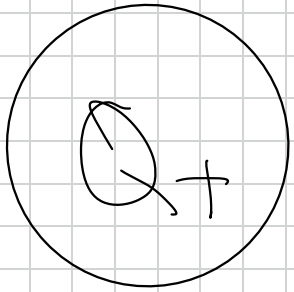


$q = +2C$

$5 \frac{J}{C}$ 5V

$E_p = 2C \cdot 5 \frac{J}{C}$

$E_p = 10\,J.$



$q = +2C$

$10.000 \frac{J}{C}$

10000V.

$E_p = 2C \cdot 10000 \frac{J}{C}$

$E_p = 20.000\,J.$

$$-\Delta E_{p_{A\to B}} = W_{A\to B} = \Delta E_{c_{A\to B}}$$

$$-\Delta E_{p_{A\to B}} = W_{A\to B} = \Delta E_c$$

$$W_{A\to B} = -\Delta E_{p_{A\to B}}$$

$$W_{A\to B} = -\left(E_{p_B} - E_{p_A}\right)$$

$$W_{A\to B} = E_{p_A} - E_{p_B}$$

$$W_{A\to B} = q \cdot V_A - q \cdot V_B$$

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

$$W_{A\to B} = n \cdot (V_A - V_B)$$

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

Magnitudes escalares

¡OJO! Se sustituye cada carga y cada potencial con su signo

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

$W_{A \to B} > 0 \Rightarrow$ desplazamiento espontáneo.

(+) $\Longrightarrow$ $W_{A \to B} = q \cdot (V_A - V_B) > 0$.

(+) (+)

$V_A > V_B$

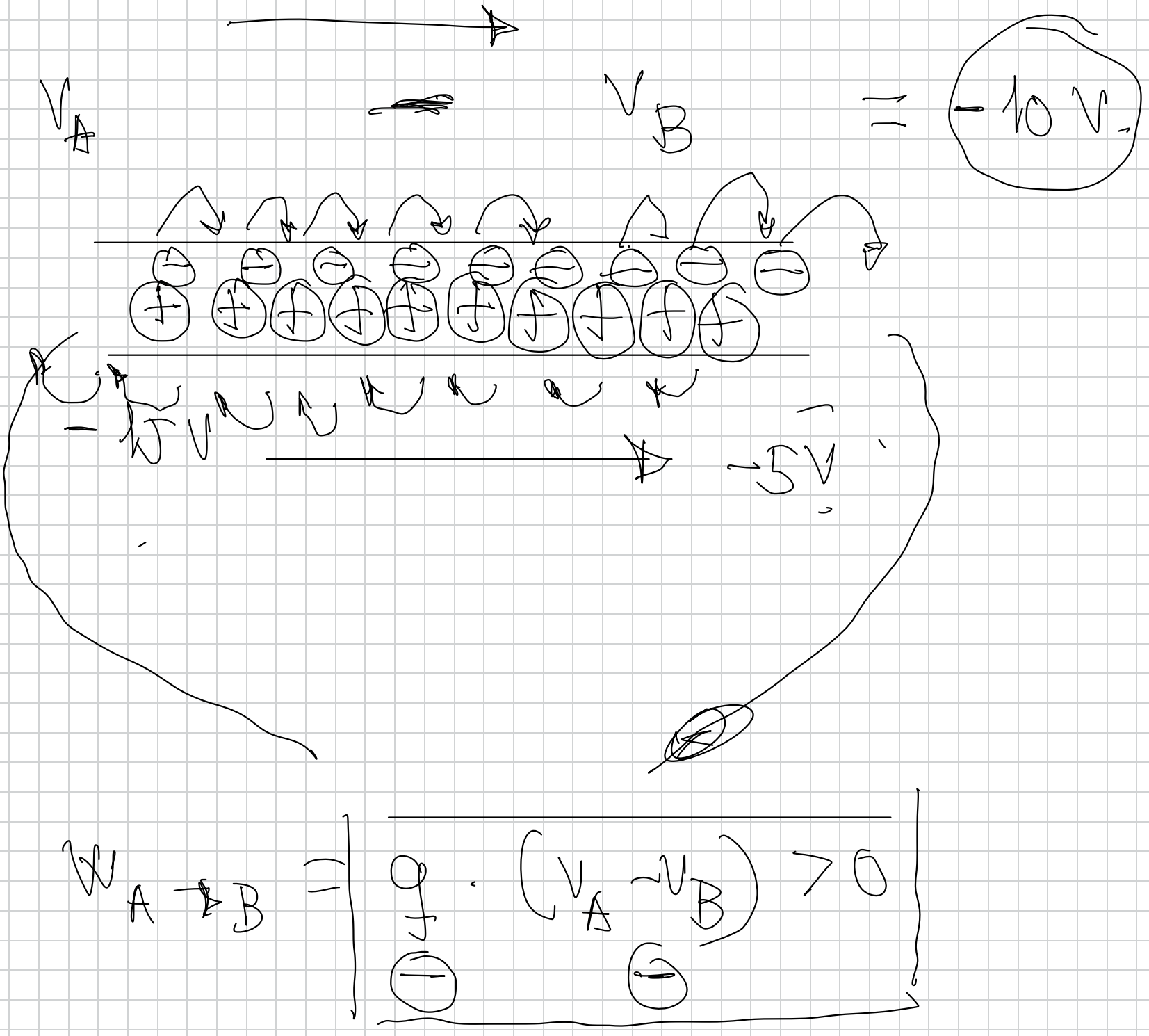
↳ las cargas positivas se desplazan en el

orden decreciente de potenciales.

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

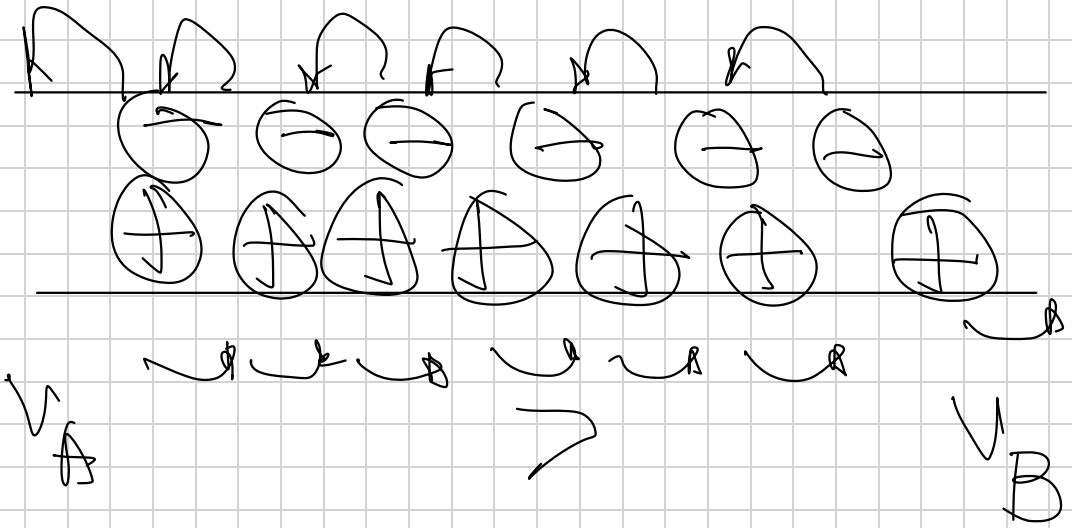
$$V_A < V_B$$

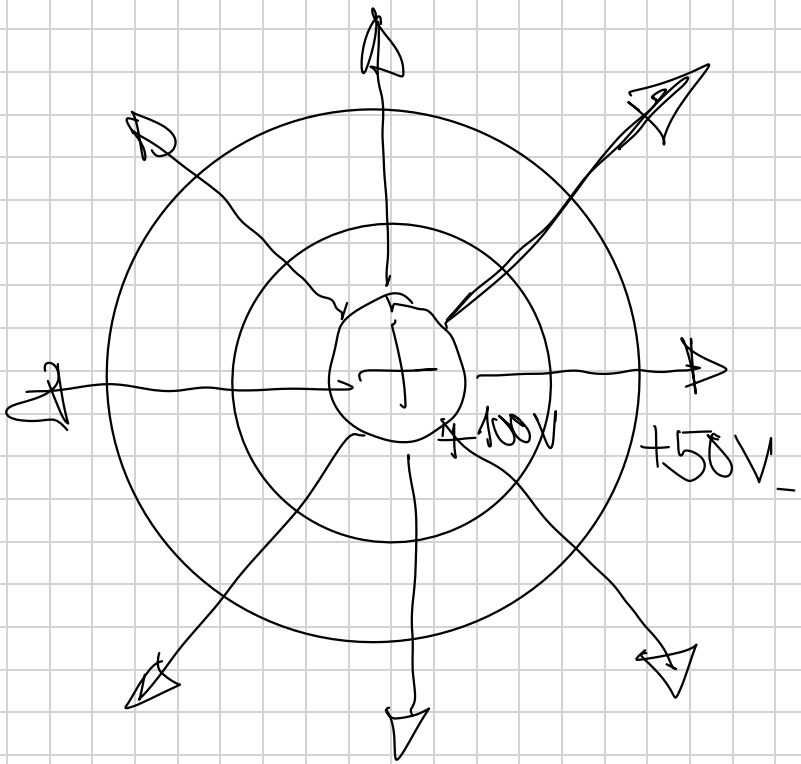
Las cargas negativas se desplazan espontáneamente en el orden creciente de potenciales.


V_A
V_B
$= -10\,V$
$-5\,V$
$W_{A \to B} = q \cdot (V_A - V_B) > 0$

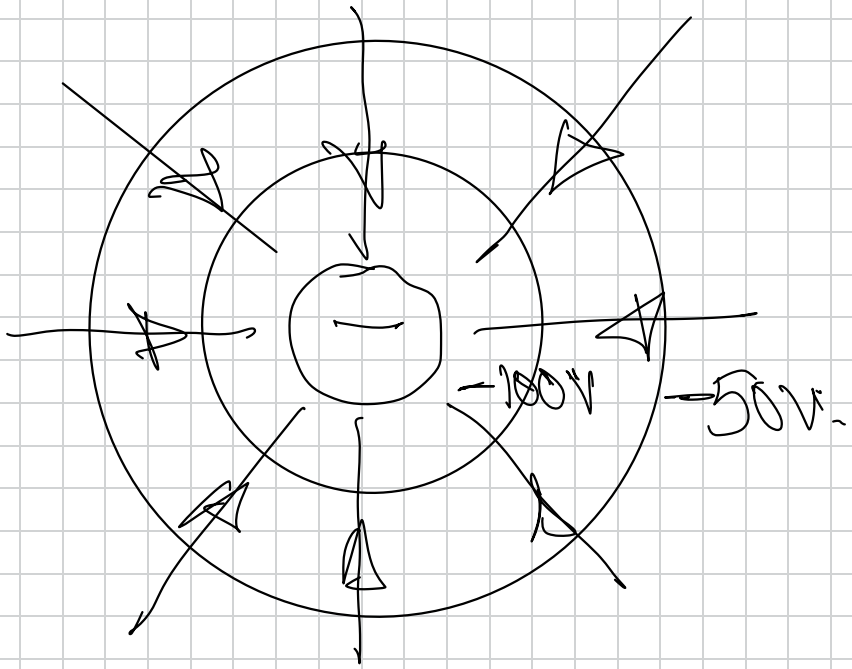
$$V_A < V_B$$

$$V_A - V_B = 10\,V.$$





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



$V = K \cdot \frac{Q}{r} \rightarrow$ ⊖ .

Pag 60.

11.- Consideremos una carga de $2 \cdot 10^{-6}$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 $-1{,}5 \cdot 10^{-3}$ C desde la superficie equipotencial de 6000 V hasta la superficie equipotencial de 2000 V. Comentar el resultado

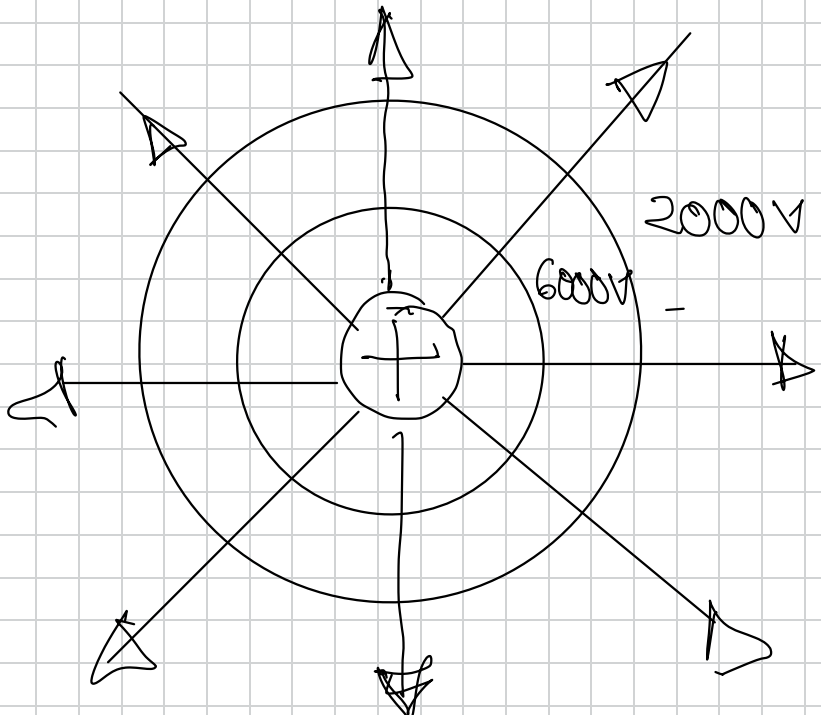
c) Calcular el trabajo que sería necesario para trasladar la carga del apartado anterior desde la superficie equipotencial de 2000 V hasta la superficie equipotencial de 6000 V. Comentar el resultado.

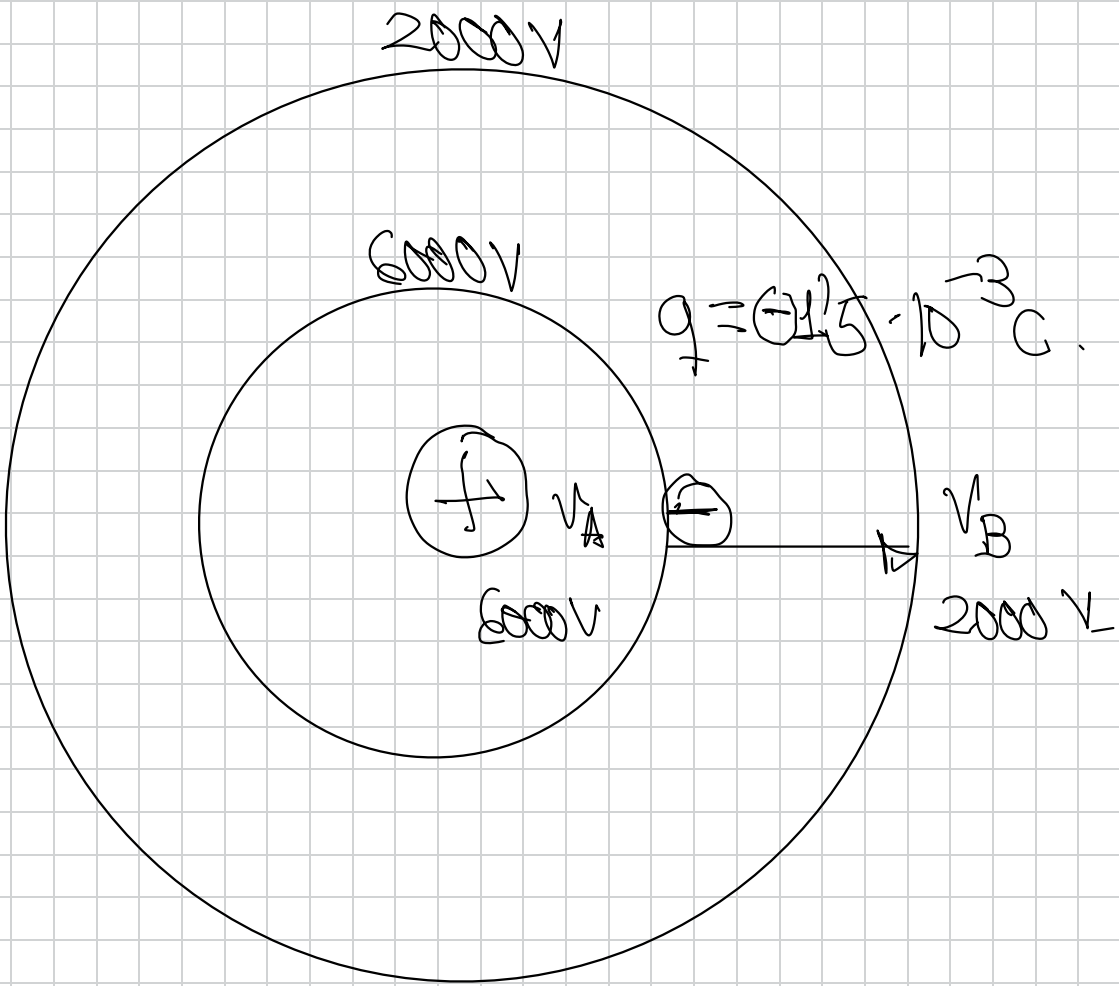
d) Calcular la separación entre ambas superficies equipotenciales

$K = 9 \cdot 10^9$ N·m^2·C^{-2}

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

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

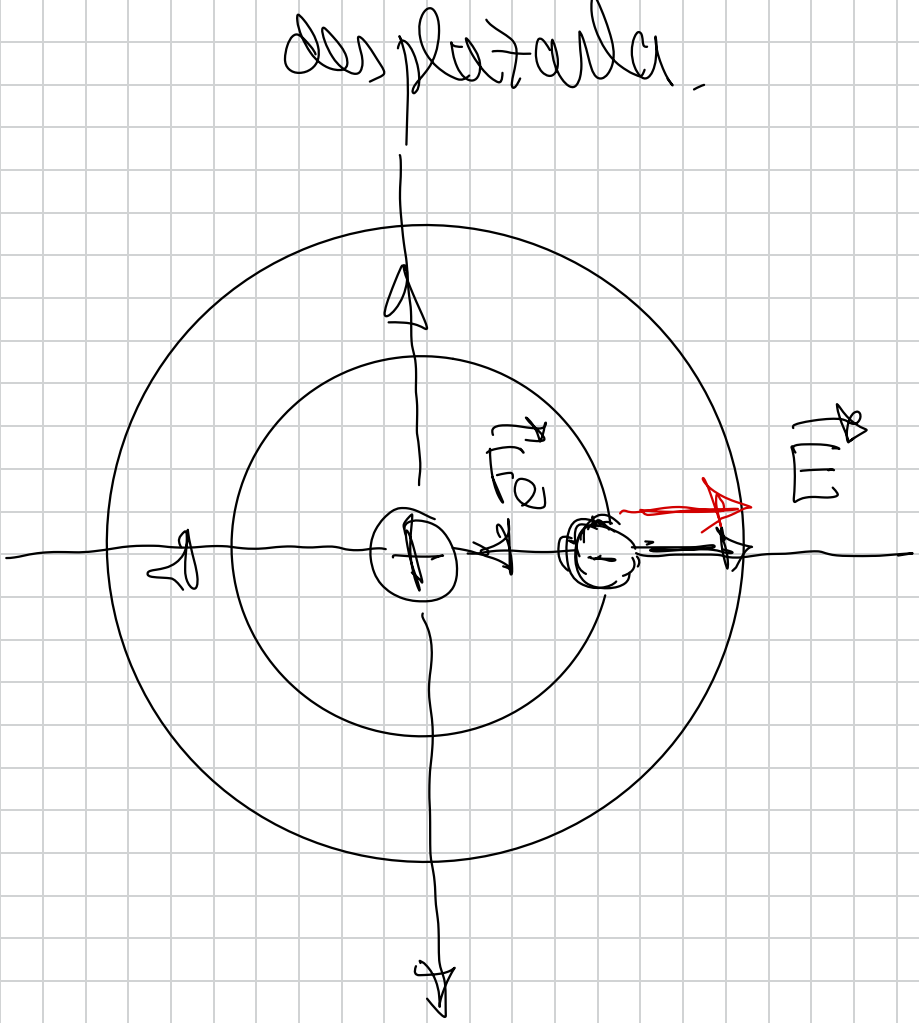


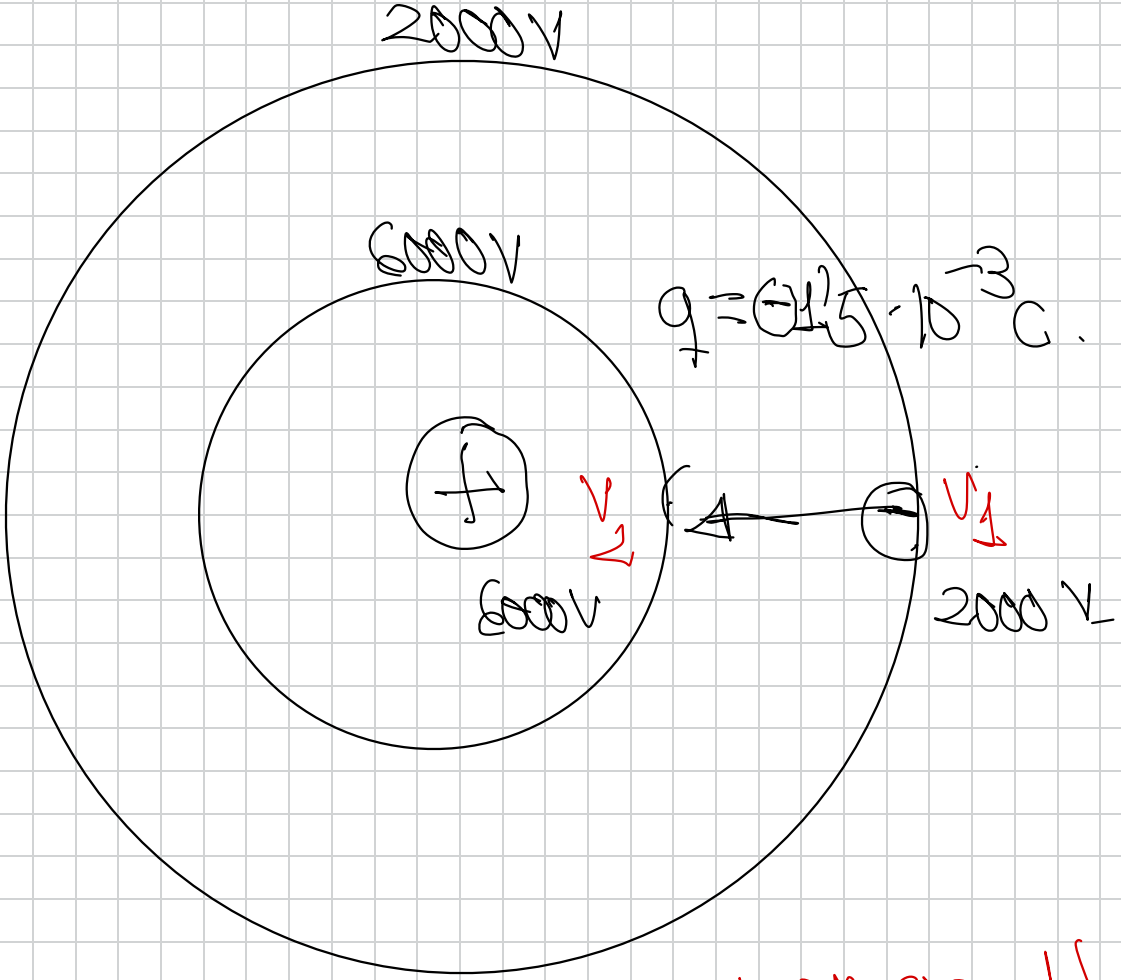


$$W = q \cdot (V_A - V_B) = -1{,}5 \cdot 10^{-3} (6000 - 2000) = -6\ J$$

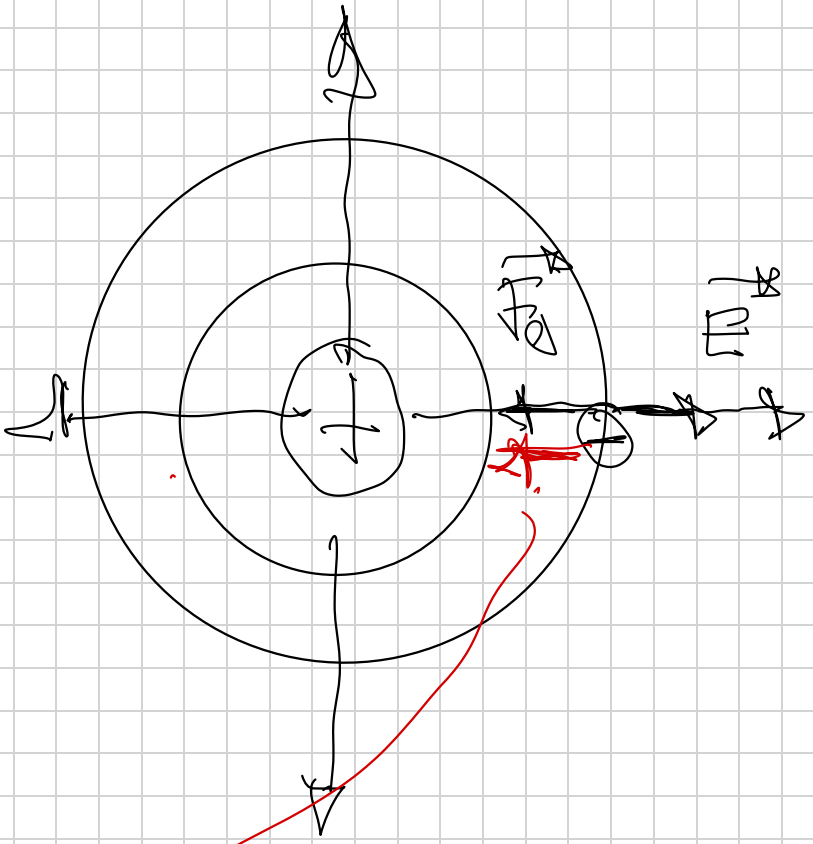
No es espontáneo, una fuerza externa debería hacer un trabajo de 6 J para

des placas.





$q = 1{,}5 \cdot 10^{-3}\,C$.

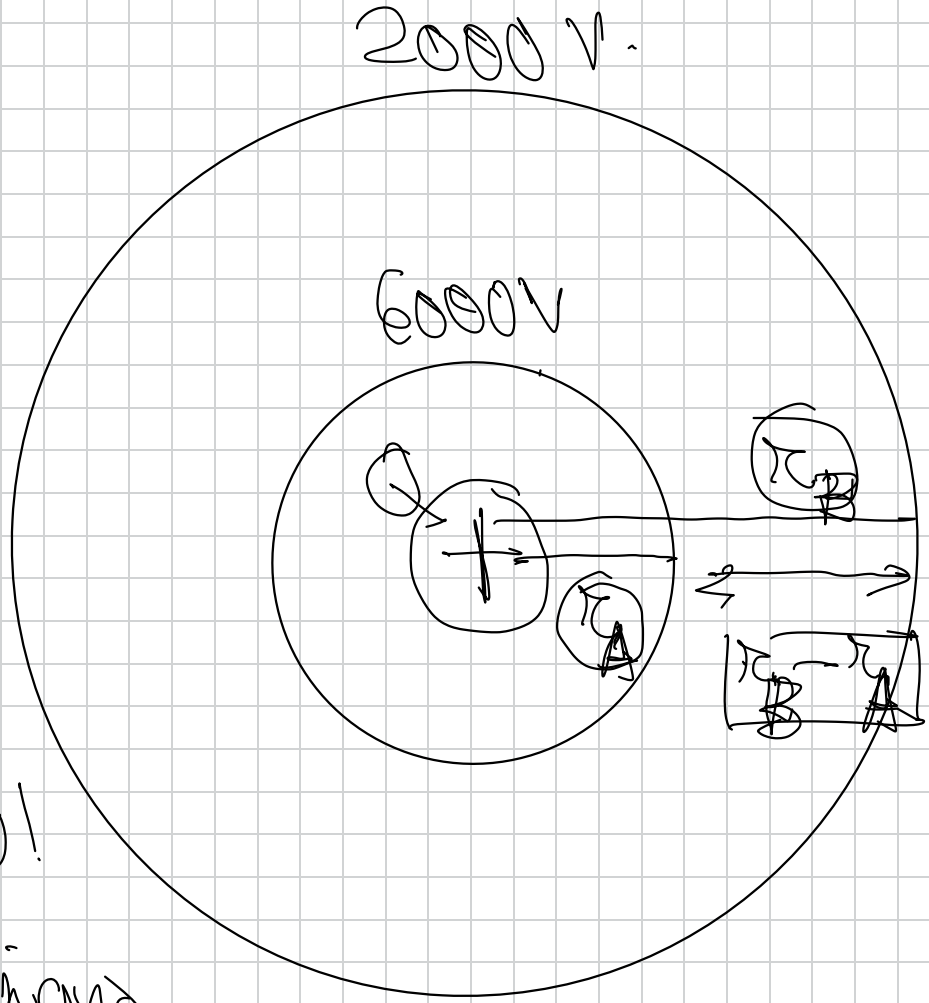


$V_1 < V_2$ * espontâneo

$$W_{1\to 2} = q \cdot (V_1 - V_2) = -1{,}5 \cdot 10^{-3}\,C \cdot (2000\,V - 6000\,V)$$

$$W_{1\to 2} = 6\,J.$$

* Espontâneo.



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

$V_A = K \cdot \frac{Q}{r_A}$ ¡OJO!

$r_A = K \cdot \frac{Q}{V_A}$ → Con su signo todo cuenta

$= 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6}}{6000} = 3\ m$

$$V_B = k \cdot \frac{Q}{r_{QB}}$$

$$r_{QB} = k \cdot \frac{Q}{V_B} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6}}{2000} = 9\,m$$

$$r_B - r_A = 9\,m - 3\,m = 6\,m \text{ estarían separados.}$$

Solución detallada en el libro.

9.- Se tienen dos iones con carga +e y –e separados por una distancia de 3Å . 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

$e=1{,}6\cdot10^{-19}C$ $K=9\cdot10^{9}\ N\cdot m^2\cdot C^{-2}$

$\boxed{\text{Å} = 10^{-10}\ m}$

$3\text{Å} = 3\cdot10^{-10}\ m$.

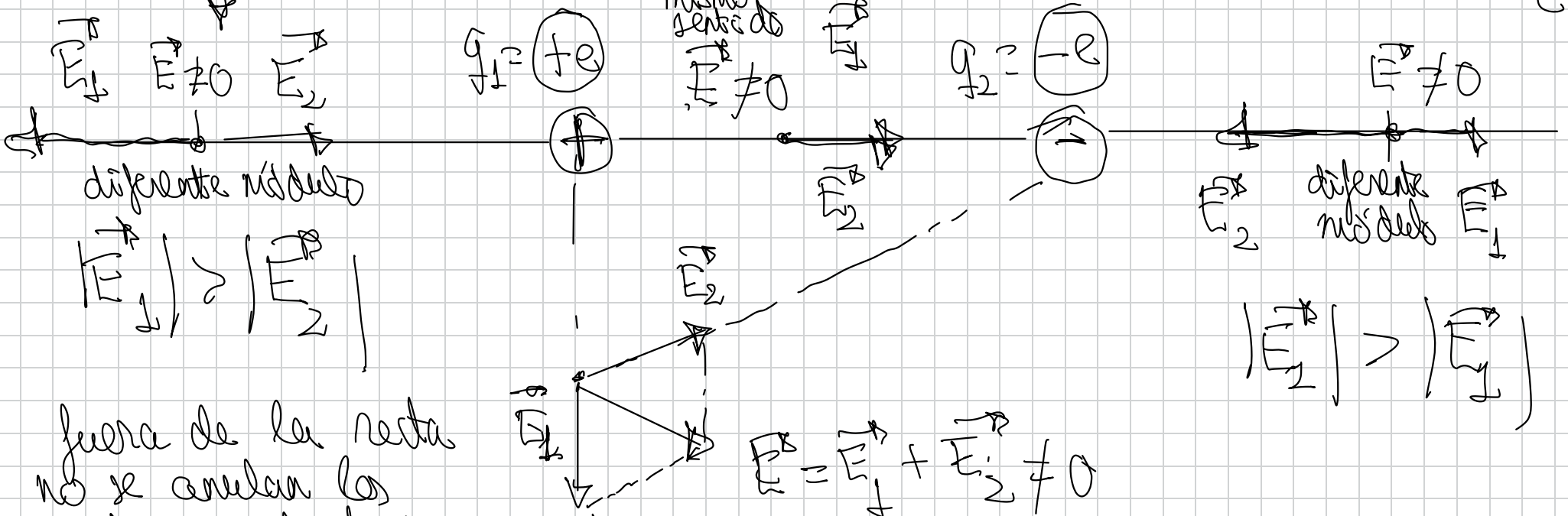
a) $\boxed{E = K\cdot\frac{Q}{r^2}}$

Principio de superposición

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

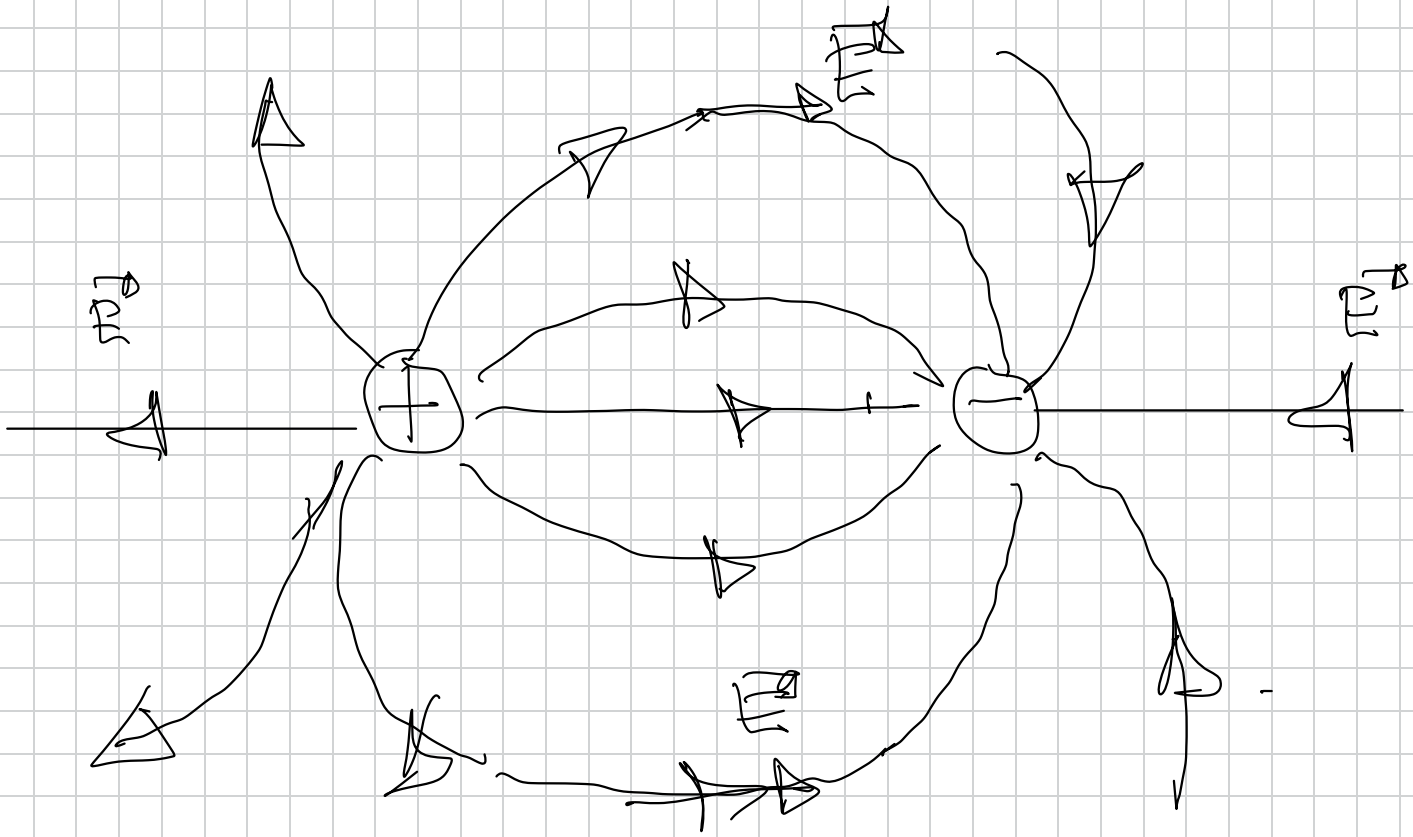
$\vec{E} \neq 0$.

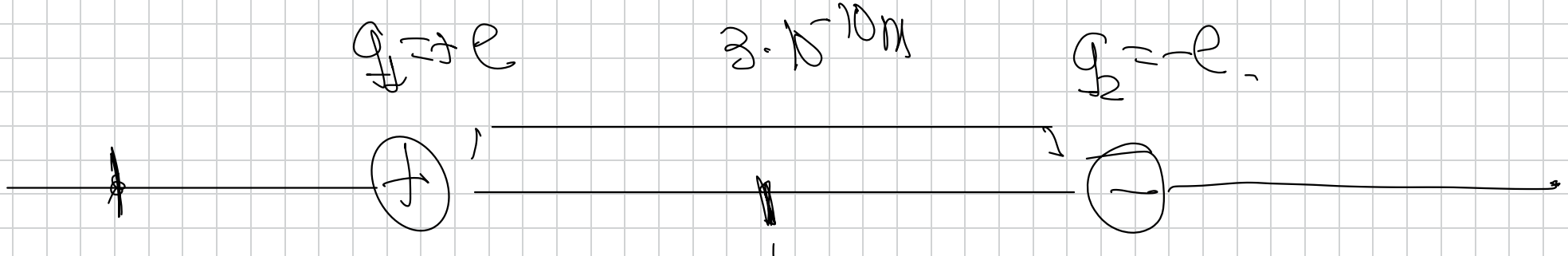
$E = K\cdot\frac{Q}{r^2}$.



fuera de la recta no se anulan los vectores al tener distinta dirección.

Exceptuando el infinito en donde, por definición, el campo $\vec{E} = 0$, no se anulará en ningún otro punto en el caso de que sean esas cargas las que lo creen.





Principio de superposición.

$V = V_1 + V_2$

↳ Aplicando dicho principio a una magnitud escalar como el potencial, la suma del potencial positivo y negativo sí podría ser nula en el punto medio

$$V = K \cdot \frac{+e}{1{,}5 \cdot 10^{-10}\,m} + K \cdot \frac{-e}{1{,}5 \cdot 10^{-10}\,m} = 0$$

$$V = V_1 + V_2 = K \cdot \frac{+e}{r_1} + \left(K \cdot \frac{-e}{r_2} \right)$$

c) ¡OJO! magnitud escalar, cada carga con su valor

$$E_p = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(+1{,}6 \cdot 10^{-19}) \cdot (-1{,}6 \cdot 10^{-19})}{3 \cdot 10^{-10}} = -7{,}68 \cdot 10^{-19}\,J$$

8.- Se tienen dos cargas idénticas $q_1=q_2=-4\cdot10^{-6}C$ situadas en los puntos (-2,0) m y (2,0) m, respectivamente.

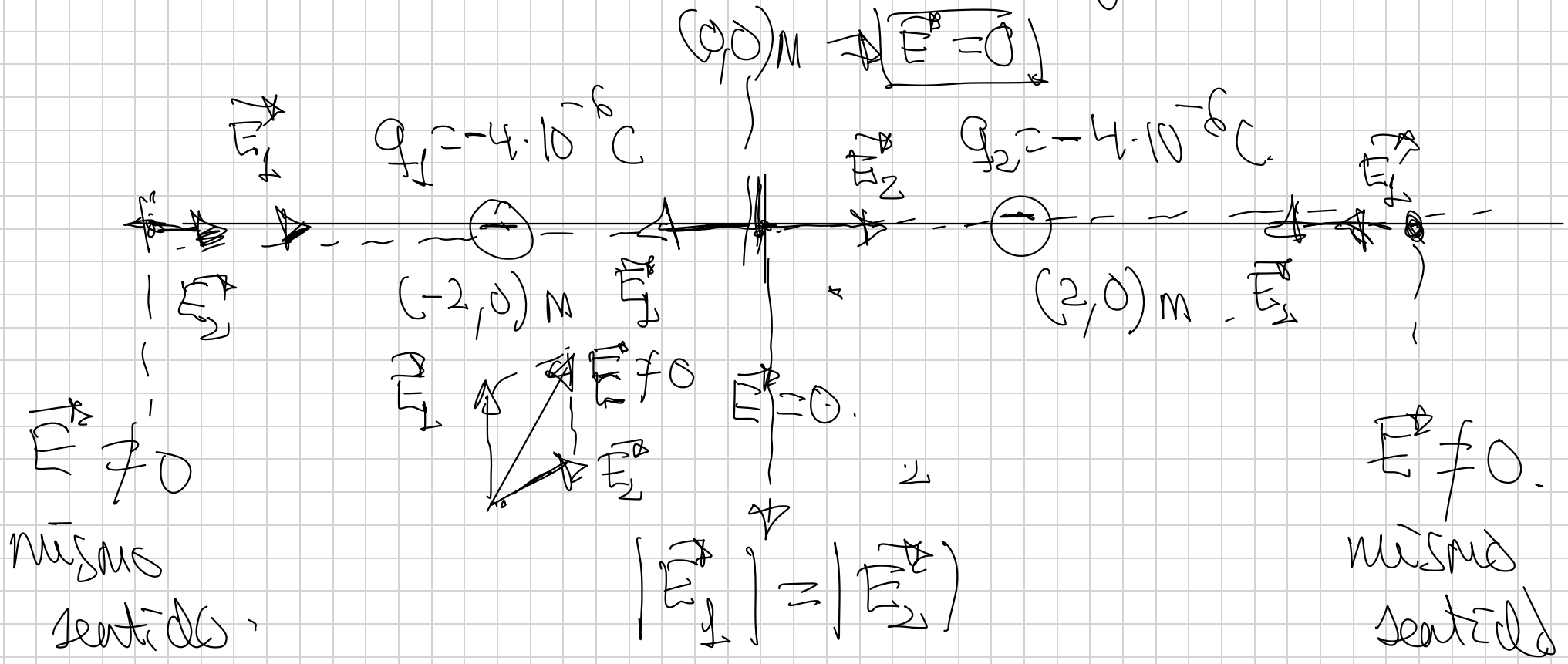
a) Determina, razonadamente, en qué punto es nula la intensidad del campo que crean

b)¿Es también nulo el potencial en ese punto?. Calcula, en cualquier caso, su valor

$\varepsilon_0=8{,}85\cdot 10^{-12}\ C^2\cdot N^{-1}\cdot m^{-2}$

$K=9\cdot10^9\ N\cdot m^2\cdot C^{-2}$.

$K=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}=9\cdot10^9\cdot N\cdot m^2\cdot C^{-2}$.



poseen la misma dirección y sentido contrario, luego $\vec{E} = 0$ en (0,0)

$V \neq 0$ $\quad V = V_1 + V_2 = K \cdot \frac{q_1}{r_1} + K \cdot \frac{q_2}{r_2} =$

$= 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(-4 \cdot 10^{-6})}{2} + 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(-4 \cdot 10^{-6})}{2} = -36 \cdot 10^4 V$

Suma de dos potenciales negativos.

El potencial es una magnitud escalar y por ello la suma de los dos potenciales negativos no será nula en ningún punto exceptuando el infinito en donde por definición el potencial es cero

10.- Dos cargas puntuales $q_1=+3\cdot10^{-6}$ C y $q_2=+12\cdot10^{-6}$ C, están situadas, respectivamente, en los puntos A y B de una recta horizontal, separados 20 cm.

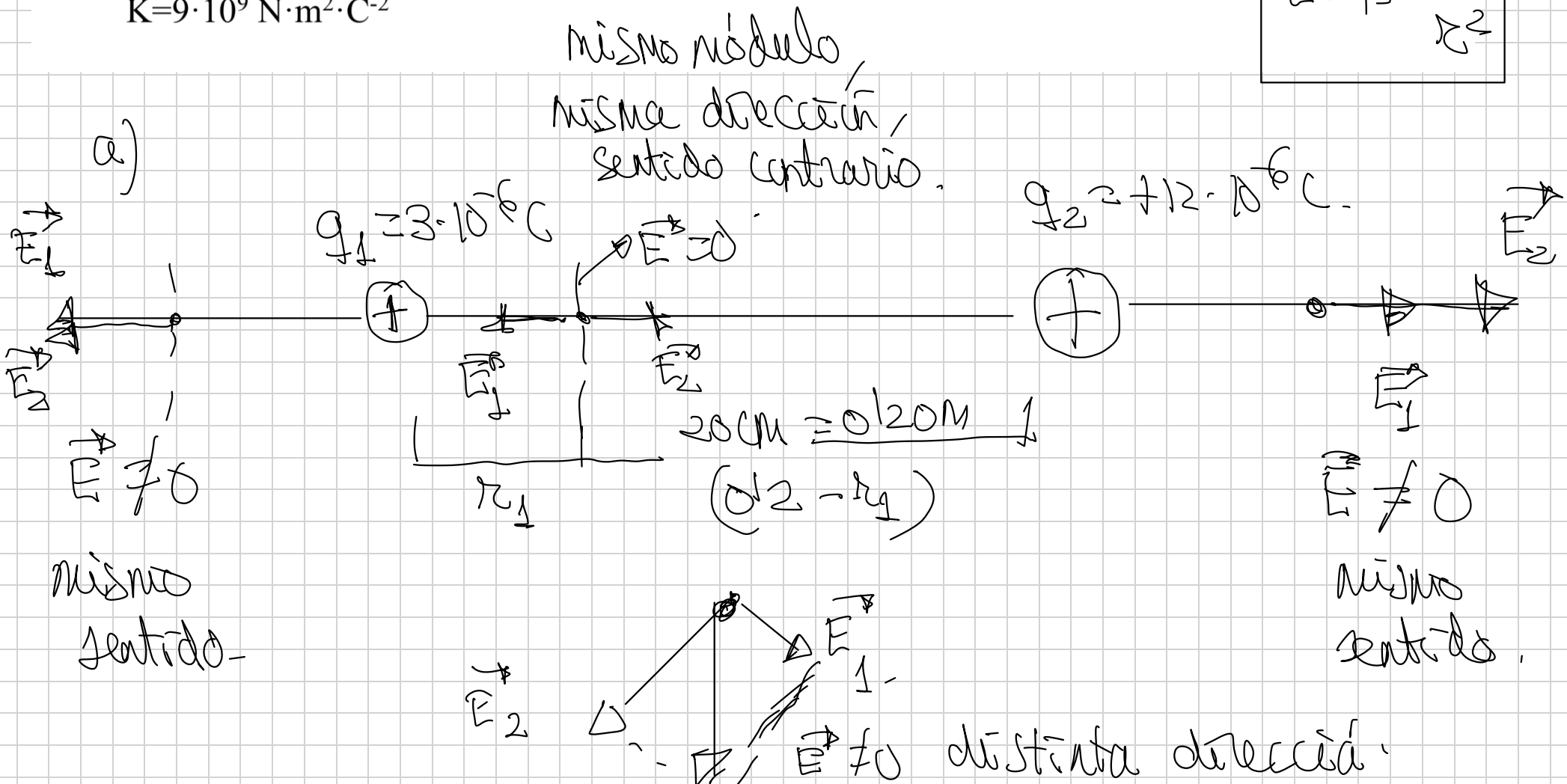
a) ¿Existe algún punto de la recta que contiene a las cargas en el que el campo sea nulo?. En caso afirmativo, calcule su posición.

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

$K=9\cdot10^9\ N\cdot m^2\cdot C^{-2}$

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



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

$$\cancel{K}\cdot\frac{|q_1|}{r_1^2} = \cancel{K}\cdot\frac{|q_2|}{(d_{12}-r_1)^2}$$

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

$$\cancel{K}\cdot\frac{q_1}{r^2} = \cancel{K}\cdot\frac{q_2}{(d_{12}-r)^2}$$

$$\frac{3\cdot10^{-6}}{r^2} = \frac{12\cdot10^{-6}}{(d_{12}-r)^2} \Rightarrow \left[0{,}04 - 0{,}4r + r^2\right]\cdot 3\cdot10^{-6} = 12\cdot10^{-6}r^2$$

$$9\cdot10^{-6}r^2 + 1{,}2\cdot10^{-6}r - 1{,}2\cdot10^{-7} = 0 \Rightarrow \text{Ecuación de segundo grado}$$

$$r = \begin{cases} 0{,}06\ m \rightarrow \text{Solo aquí los vectores tienen sentido contrario y se anulan.} \\ -0{,}2\ m \end{cases}$$

$$\cancel{k} \cdot \frac{|q_1|}{r_1^2} = \cancel{k} \cdot \frac{|q_2|}{(0{,}2 - r_1)^2}$$

$$\sqrt{\frac{|q_1|}{r_1^2}} = \sqrt{\frac{|q_2|}{(0{,}2 - r_1)^2}}$$

$$\frac{\sqrt{|q_1|}}{r_1} = \frac{\sqrt{|q_2|}}{(0{,}2 - r_1)}$$

$$r_1 = 0{,}06 \text{ m}$$

10.- Dos cargas puntuales $q_1=+3\cdot10^{-6}$ C y $q_2=+12\cdot10^{-6}$ 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

$K=9\cdot10^9\ N\cdot m^2\cdot C^{-2}$

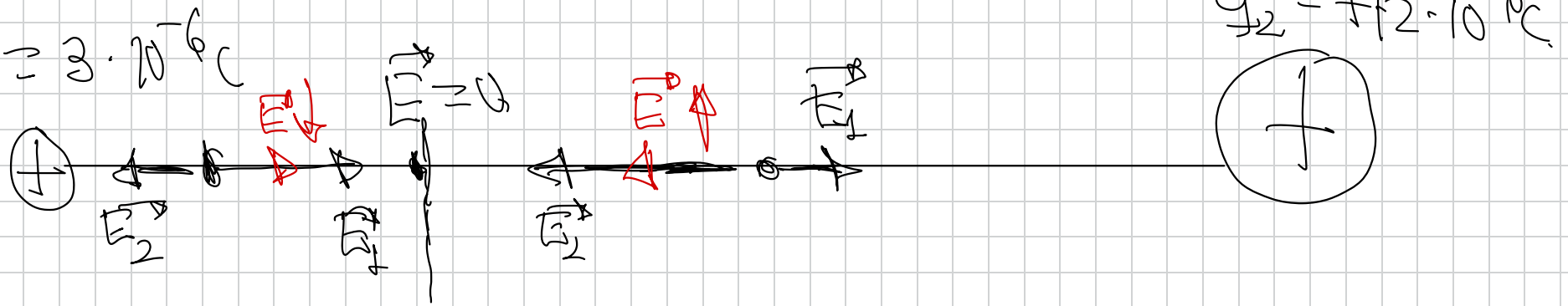
Principio de superposición

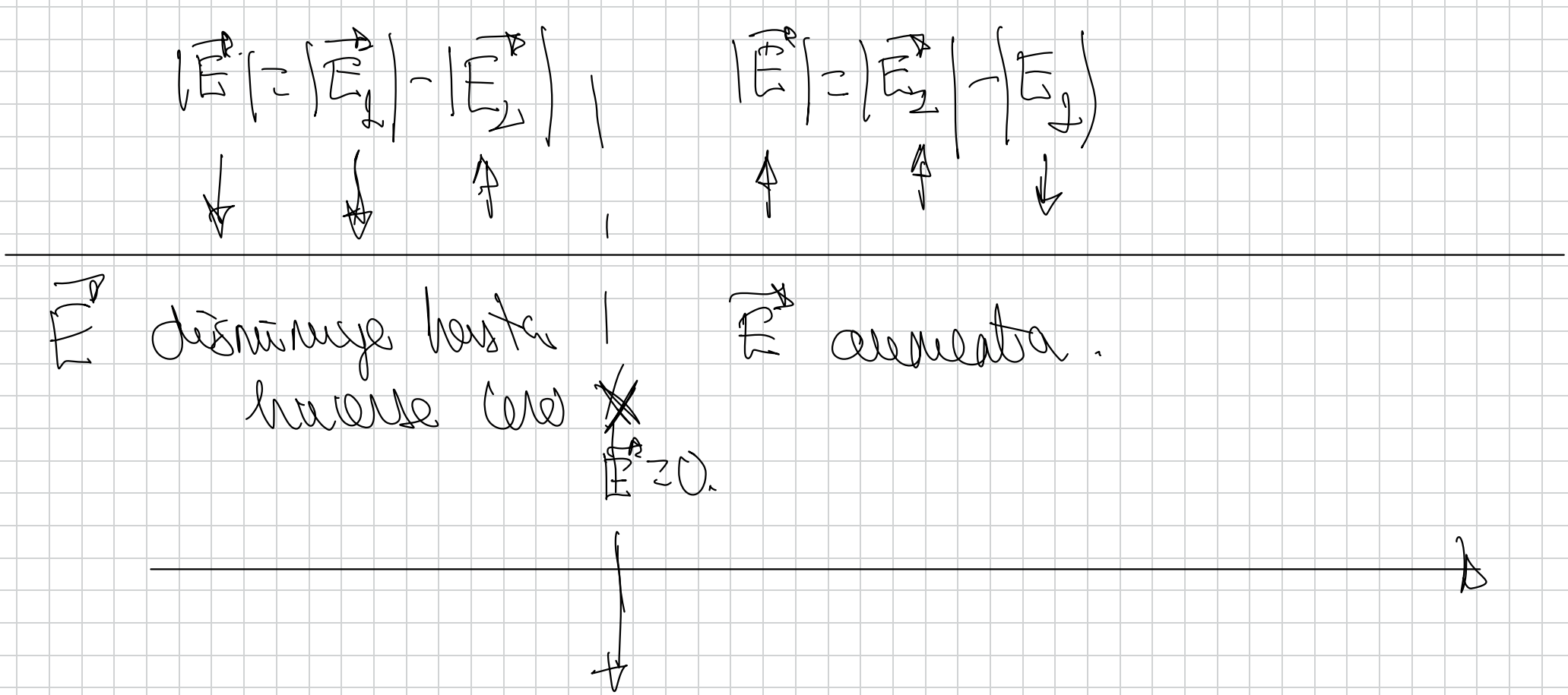
b)

$$V = V_1 + V_2 = 9\cdot10^9\cdot\frac{+3\cdot10^{-6}}{r_1} + 9\cdot10^9\cdot\frac{+12\cdot10^{-6}}{r_2} \neq 0$$

Suma de dos V + que no se anulan (salvo en el ∞ en donde V es cero)

c)

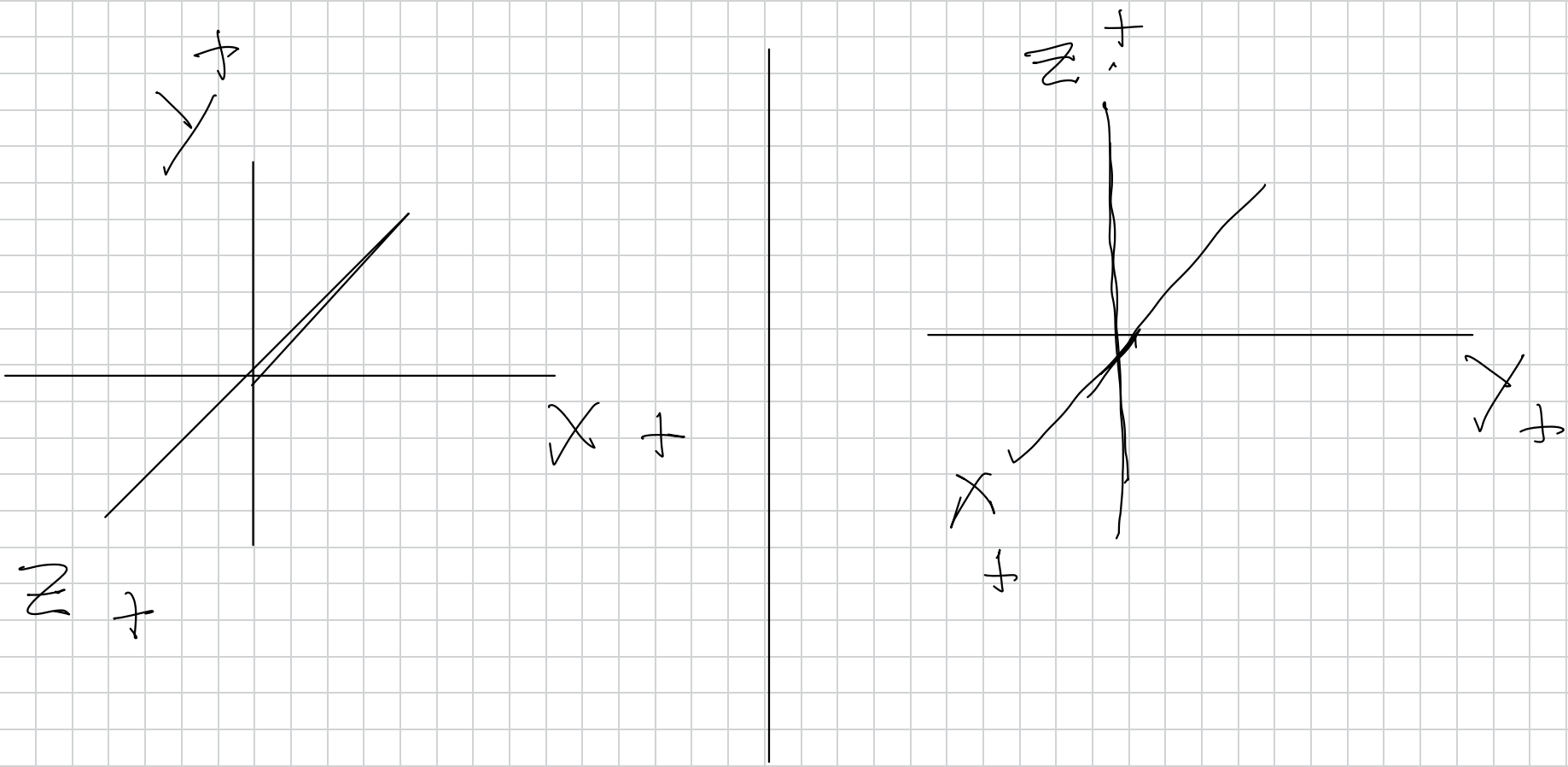



$|\vec{E}| = |\vec{E}_2| - |\vec{E}_1|$
$|\vec{E}| = |\vec{E}_2| - |\vec{E}_1|$
$\vec{E}$ disminuye hasta hacerse cero
$\vec{E}$ aumenta.
$\vec{E} = 0$.
En un punto más cercano a q_1 $\vec{E} = 0$ ya que ambos vectores tendrán mismo módulo, misma dirección y sentido contrario

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

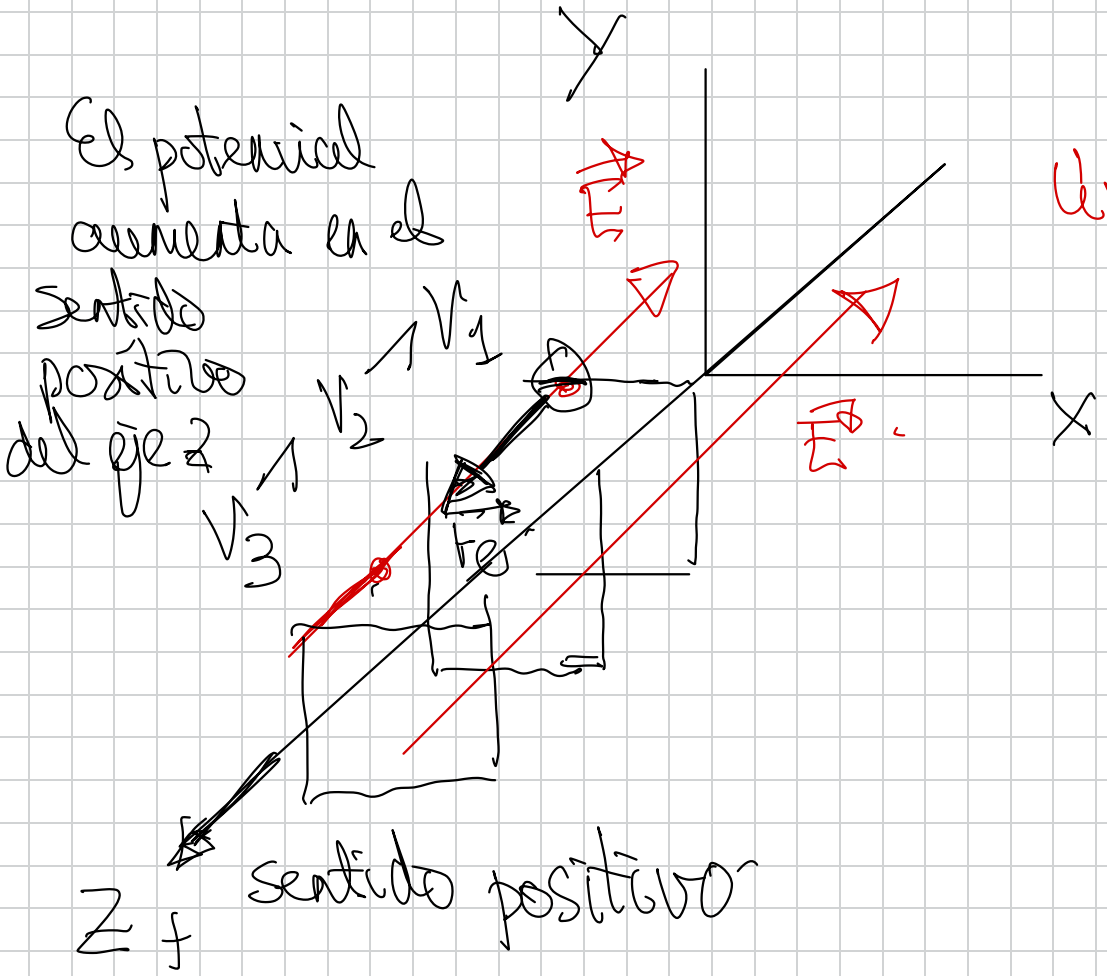
b) ¿En qué dirección y sentido se moverá un electrón, inicialmente en reposo?



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?

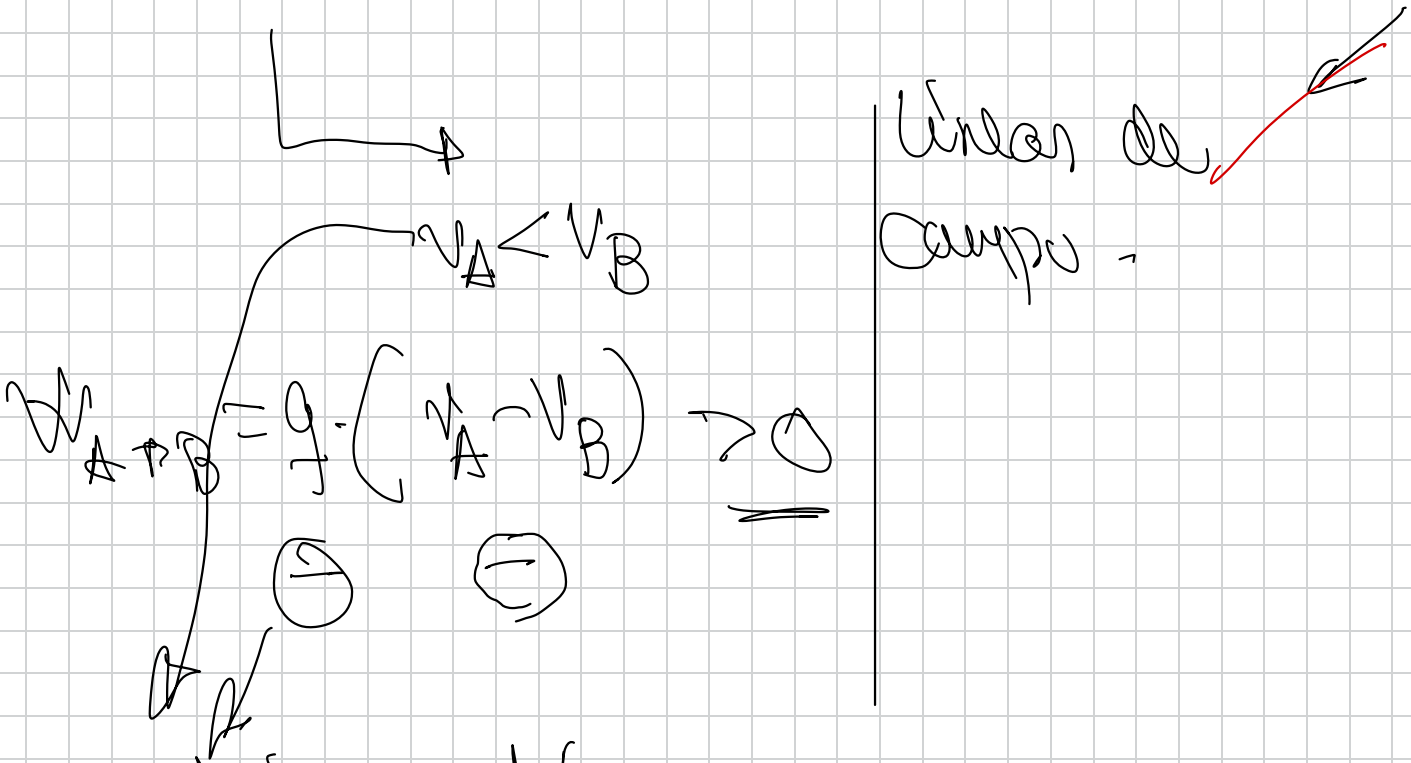


Líneas de campo ⊥ a las superficies equipotenciales

$V_A > V_B$

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

(+) (+)

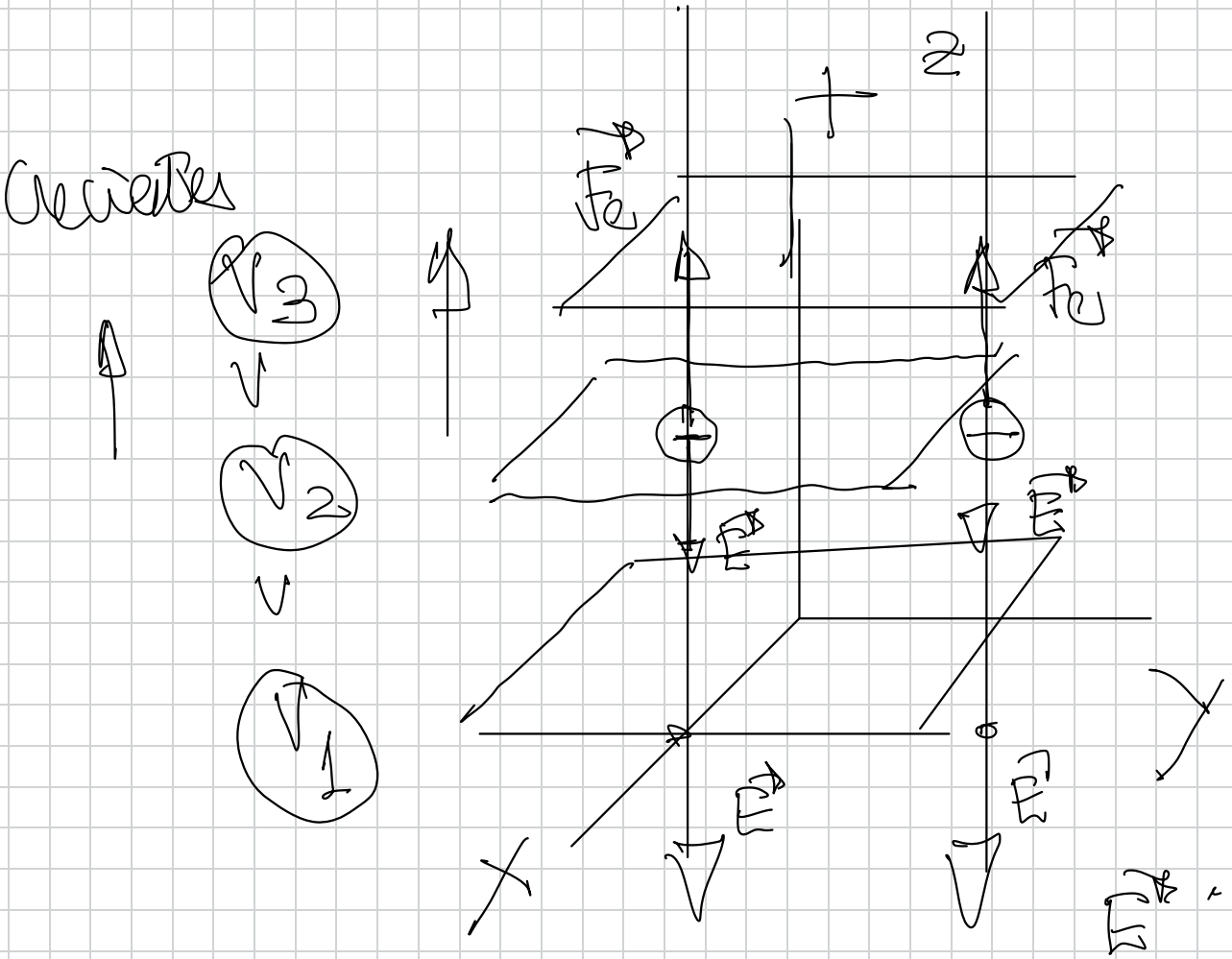


electrón espontáneamente hacia potenciales crecientes.

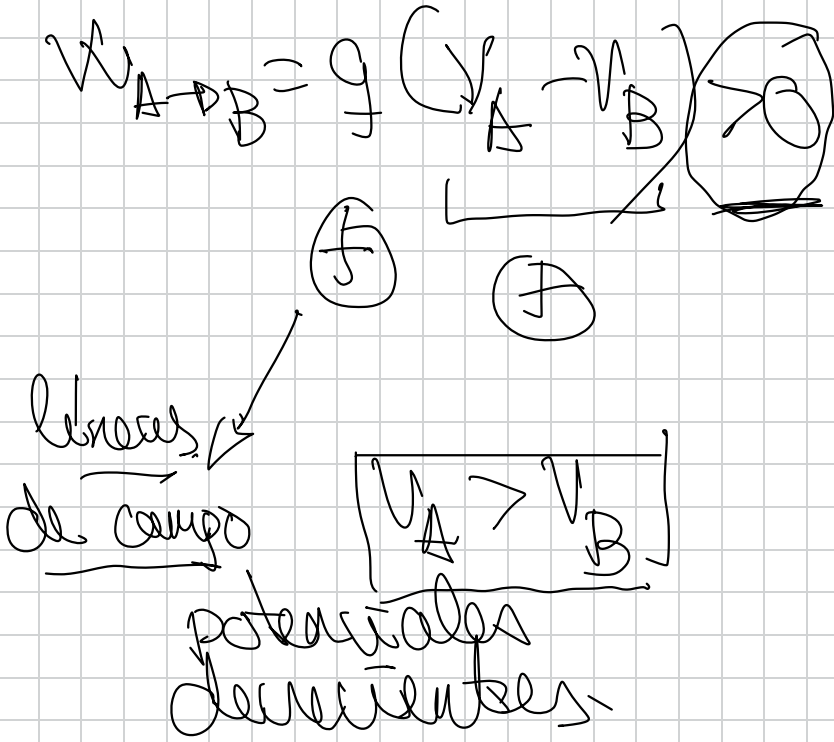
12.- En una región del espacio el potencial electrostático aumenta en el sentido positivo del eje Z y no cambia en las direcciones de los otros dos ejes

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?



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

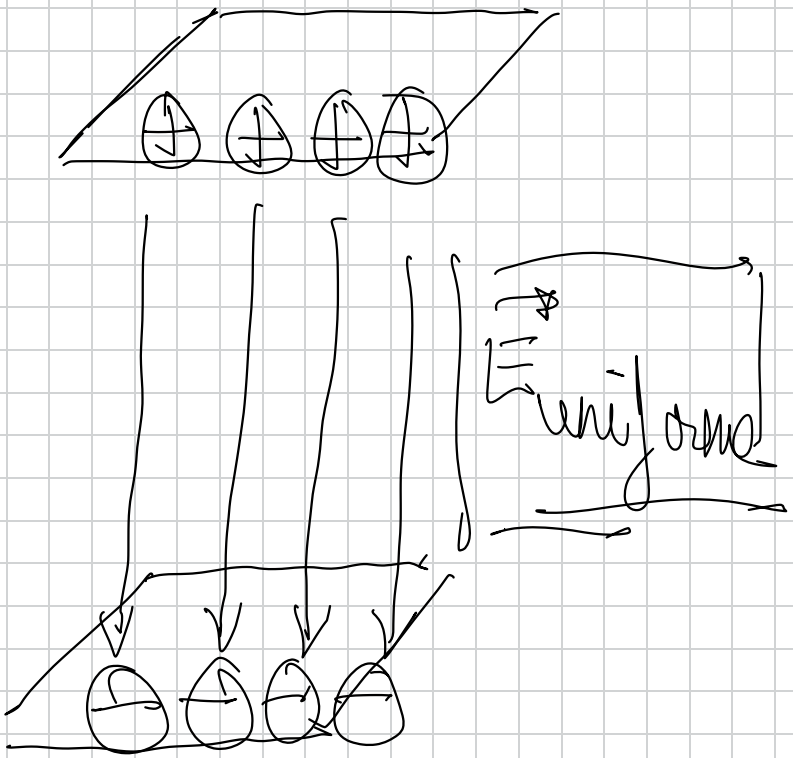


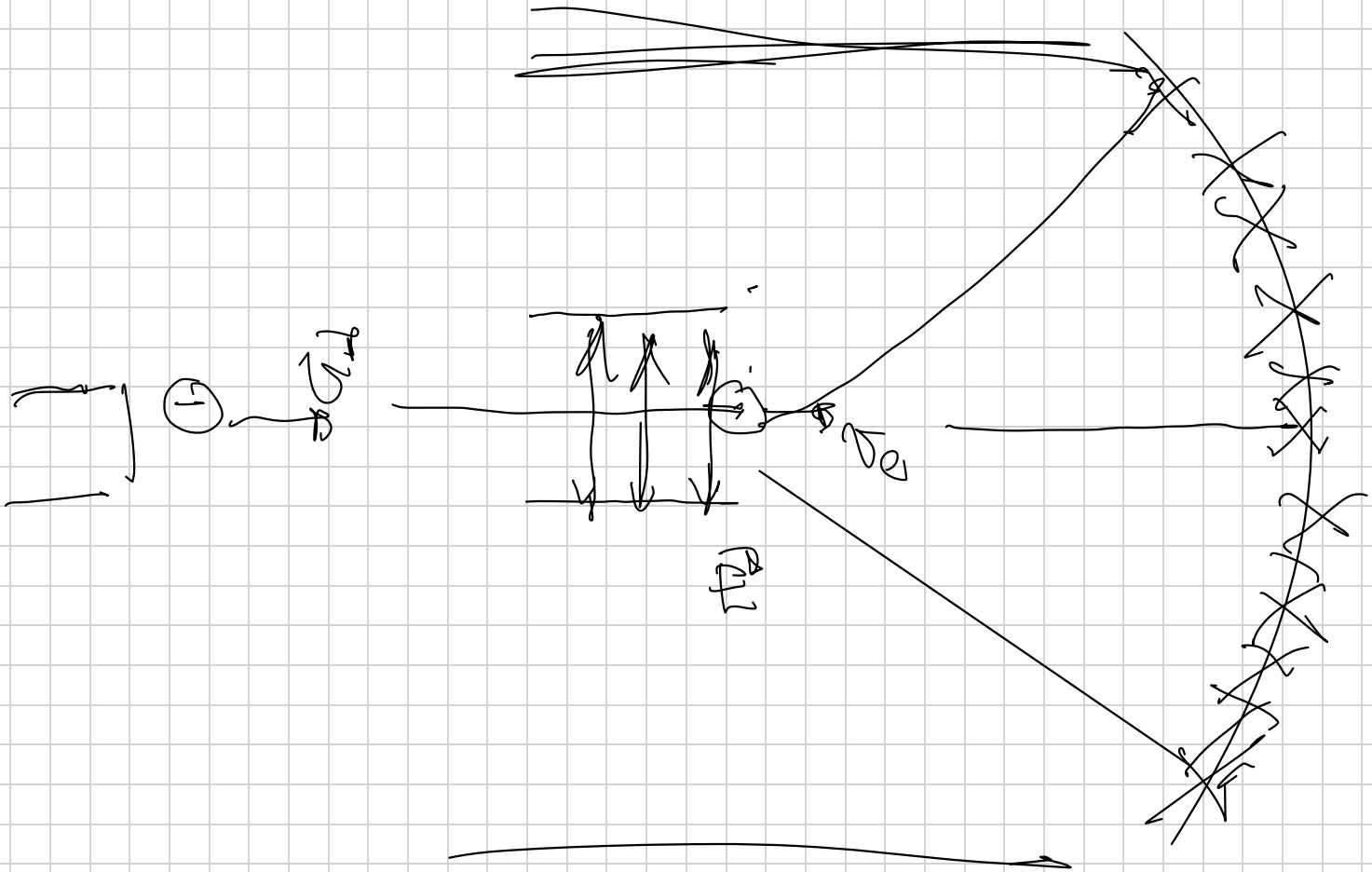
$$W_{A \to B} = q \cdot (V_A - V_B) > 0$$

$V_A < V_B$

↓

croissantes.





14.- Para mover un electrón desde un punto A hasta otro B se debe realizar un trabajo de $8 \cdot 10^{-15}$ J por parte de las fuerzas del campo

a) Calcular la diferencia de potencial entre esos dos puntos

b) ¿Cuál de ellos estará a un potencial más alto?

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

$q_e = -1'6 \cdot 10^{-19} C$



Magnitudes escalares, cada carga con su valor.

$W_{A \to B} = 8 \cdot 10^{-15} J$

$(V_A - V_B)$

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

$(V_A - V_B) = \dfrac{W_{A \to B}}{q} = \dfrac{8 \cdot 10^{-15} J}{(-)1'6 \cdot 10^{-19} C} = -5 \cdot 10^4 \dfrac{J}{C}$

$$(V_A - V_B) = -5 \cdot 10^4 \text{ V}.$$

c)

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

(+) (−)

B está a un potencial más alto

$A \longrightarrow B$

Orden de potenciales creciente.

16.- Se traslada una carga de $5\ \mu C$ desde el infinito hasta un cierto punto P, cuyo potencial se desconoce. Para ello hemos de realizar un trabajo externo de 0,05 J.

a) Calcular el potencial que existe en el punto P

b)¿Cómo variará la energía potencial de la carga?

$W_{Eléctrica} = -0'05\,J$



$W_{externo} = 0'05\,J$

$W_{Eléct} = -0'05\,J$

$W_{\infty \to P} = q \cdot (V_\infty - V_P)$

$-0'05\,J = +5 \cdot 10^{-6}\,C\,(0 - V_P)$

$$V_p = -\frac{-0{,}05}{5 \cdot 10^{-6}} = 10^4\ V$$

b)

$$E_{p\infty} = q \cdot \cancel{V_\infty}^{0} = 0$$

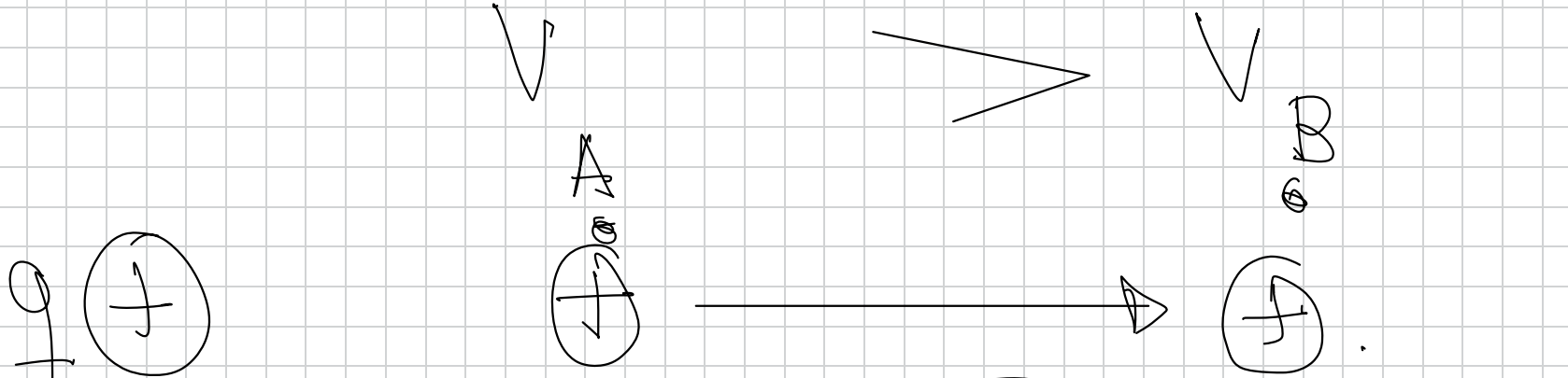
$$\boxed{0\ J}$$

$$E_{p_p} = q \cdot V_p = +5 \cdot 10^{-6} C \cdot +10^4 = \boxed{5 \cdot 10^{-2}\ J}$$

La E_p eléctrica ha aumentado.

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.

¡OJO!, estudiamos tanto si la carga q es positiva o negativa



$E_{pA} = q \cdot V_A$ $\quad |V_A > V_B|$ $\quad E_{pB} = q \cdot V_B$

(+) (+)

$E_{p_A} > E_{p_B}$ La E_p diminue.

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

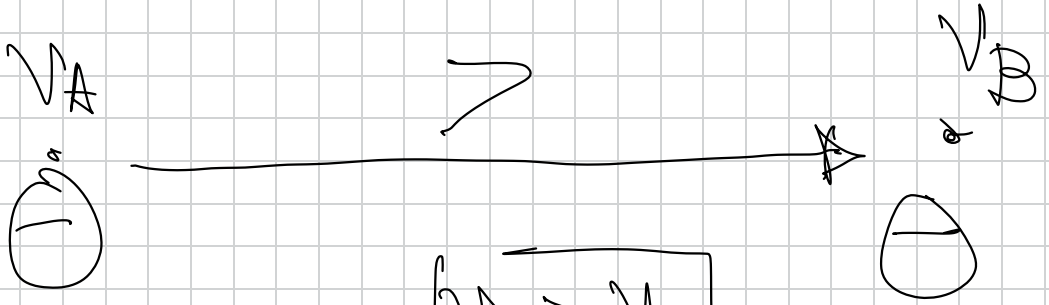
(+) (+)

$V_A > V_B$

$-\Delta E_{p_{A \to B}} = W_{A \to B} > 0$

$E_p \downarrow$

$V_A > V_B$.



$V_A > V_B$

$E_{P_A} = q \cdot V_A$.

$E_{P_B} = q \cdot V_B$.

mas negativo $\longrightarrow$ menos negativo

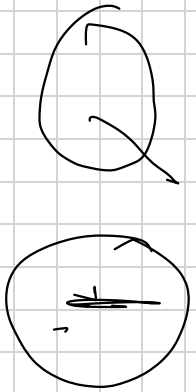
$E_{P_A} < E_{P_B}$

Ej anterior.

b)

$$V_A > V_B$$





menos negativo, mayor.



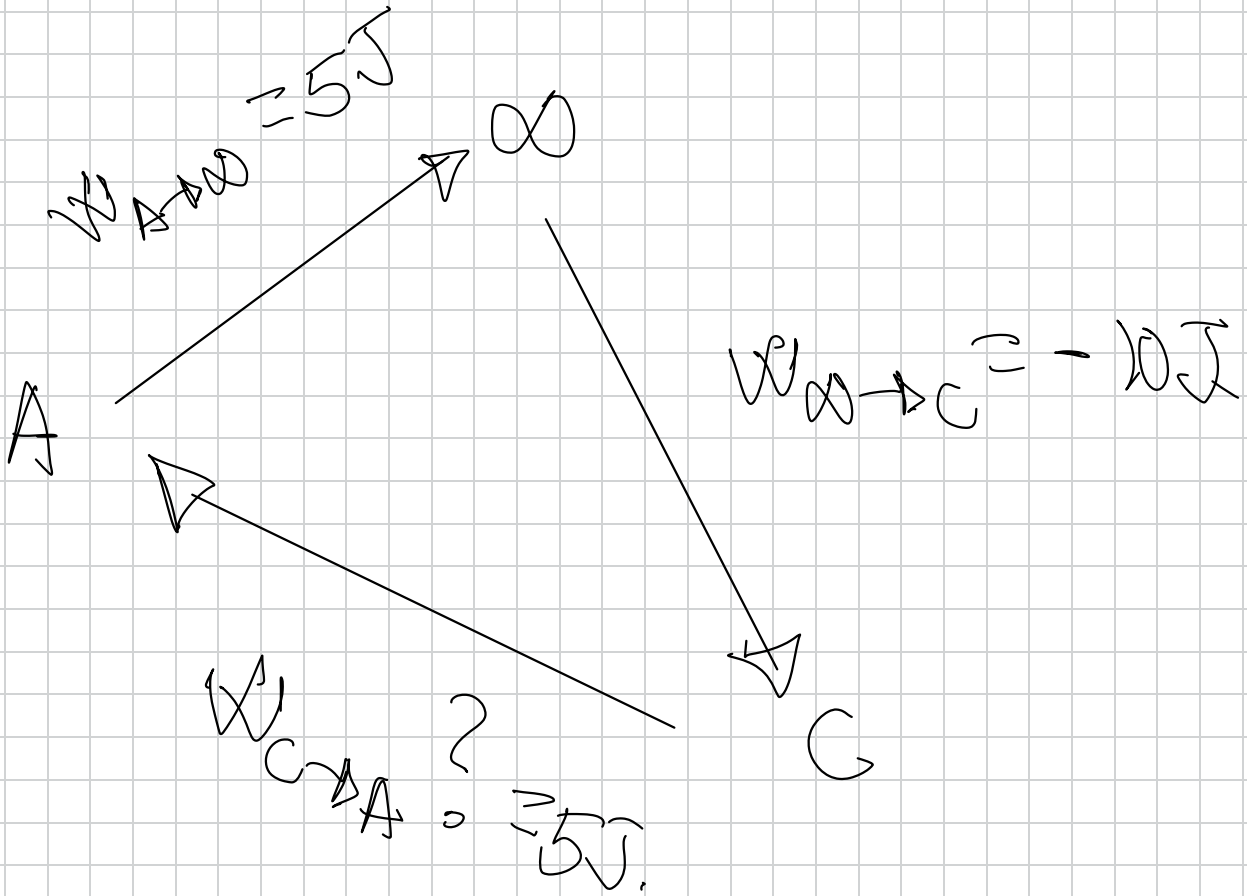
$$V = k \cdot \frac{Q}{r_A}$$

$$r_A > r_B$$

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?

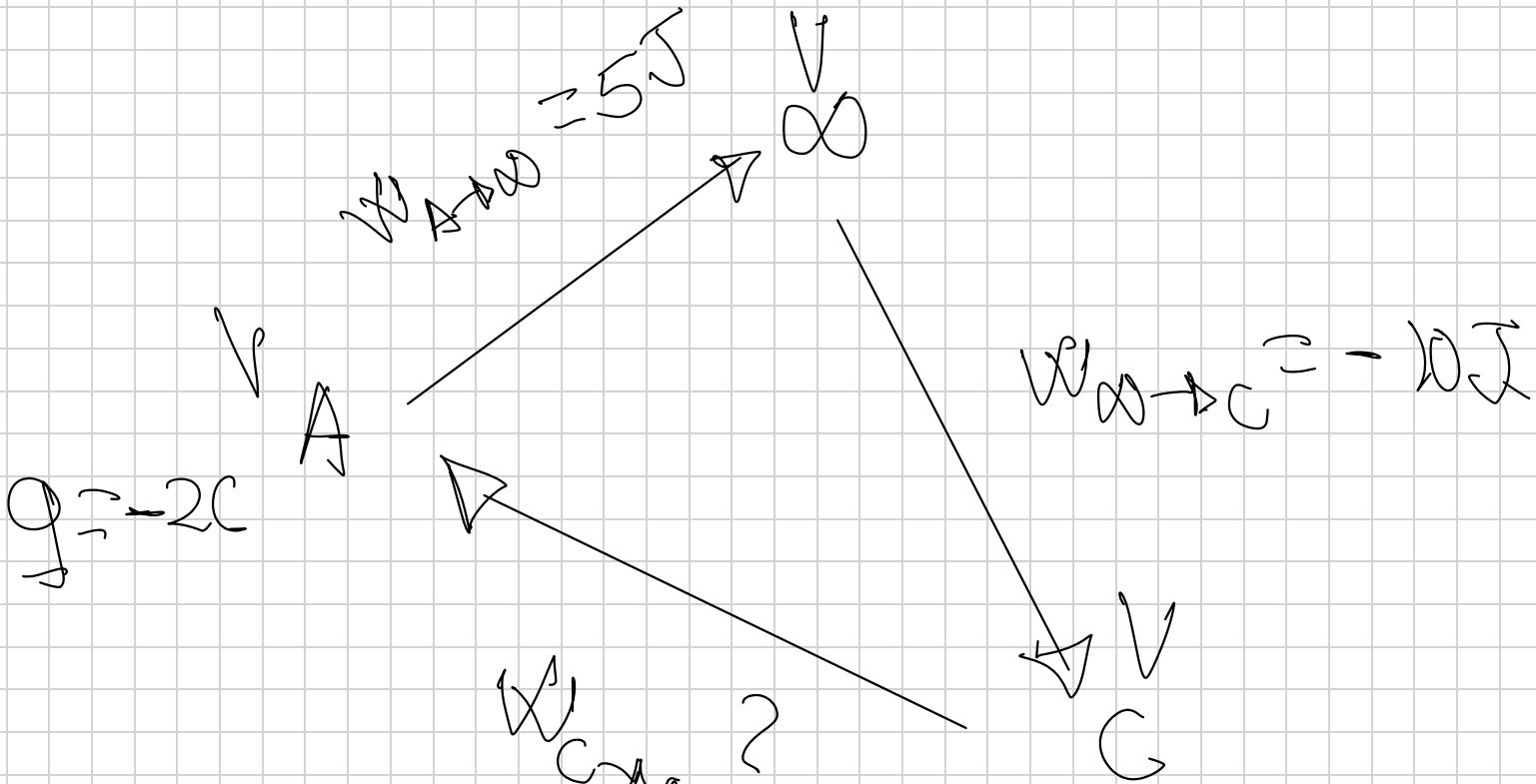
b) Si q=-2 C, ¿Cuánto vale el potencial en los puntos A y C?, ¿Cuál es el signo de Q?, ¿porqué?

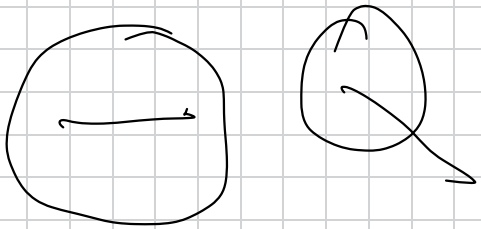


$$W_{A \to A} = W_{A \to B} + W_{B \to C} + W_{C \to A}$$

$$0 = 5\,J - 10\,J + W_{C \to A}$$

$W_{C \to A} = 5\,J \rightarrow$ Es que la F eléctrica es conservativa (en una trayectoria cerrada el trabajo que realizaría sería nulo





$$W_{A\to\infty} = q \cdot (V_A - V_\infty)^{0}$$

$$V_A = \frac{W_{A\to\infty}}{q} = \frac{5J}{-2C} = -2{,}5V$$

$$W_{\infty \to C} = -q \cdot (V_\infty^{0} - V_C)$$

$$V_C = -\frac{W_{\infty \to C}}{q} = -\frac{-10\,J}{-2\,C} = -5\,V$$

$$V = K \cdot \frac{Q}{r} \quad (-)$$

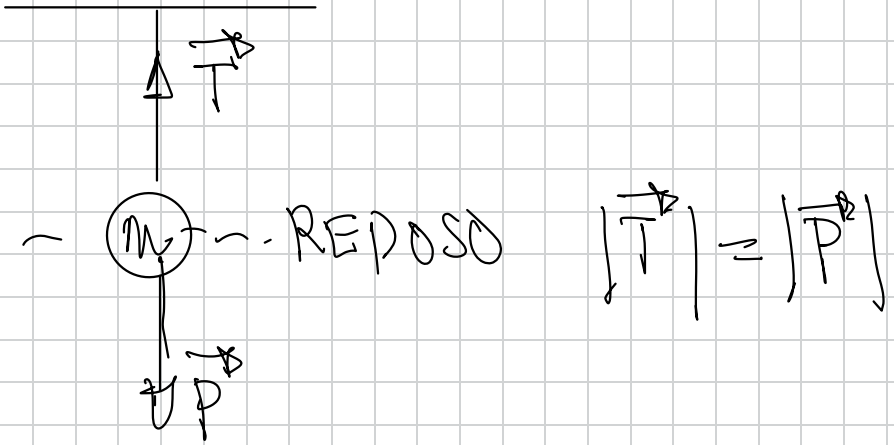
Potencial (-) carga que lo crea (-)

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

a) Si la carga es positiva

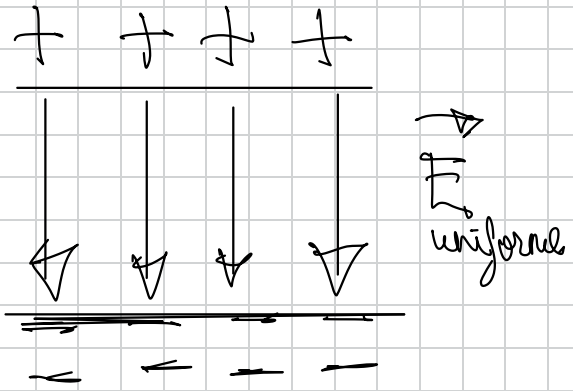
b) Si la carga es negativa

c) Si se pierde la carga



$|\vec{T}| = |\vec{P}|$

Campo eléctrico uniforme.



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

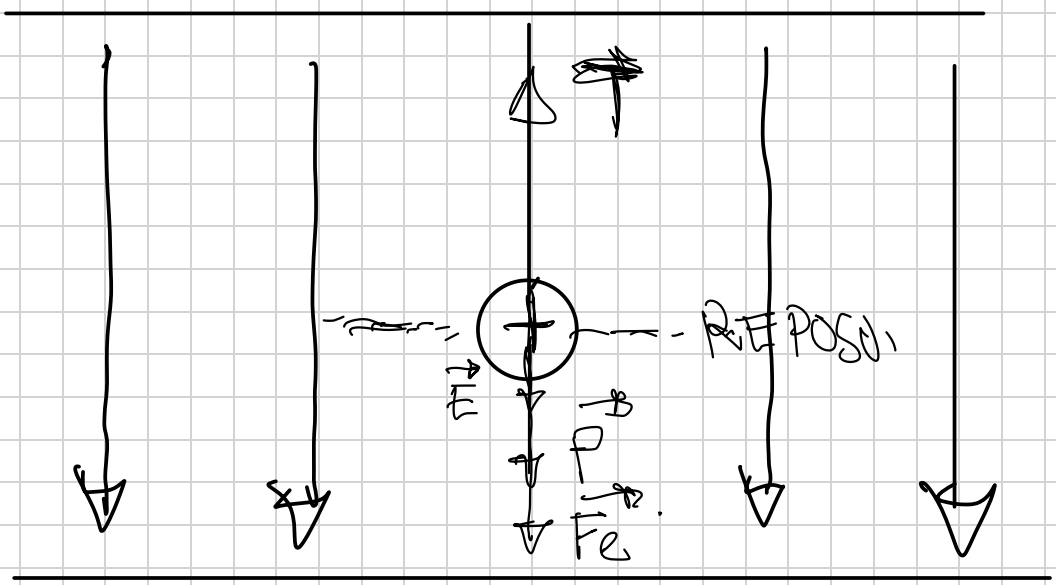
a) Si la carga es positiva

b) Si la carga es negativa

c) Si se pierde la carga

$m = 0'2\,g = 0'2 \cdot 10^{-3}\,kg.$

a)



$|\vec{T}| = |\vec{P}| + |\vec{F_e}|$

$|\vec{T}| = 2 \cdot 10^{-3} + 10^{-3}$

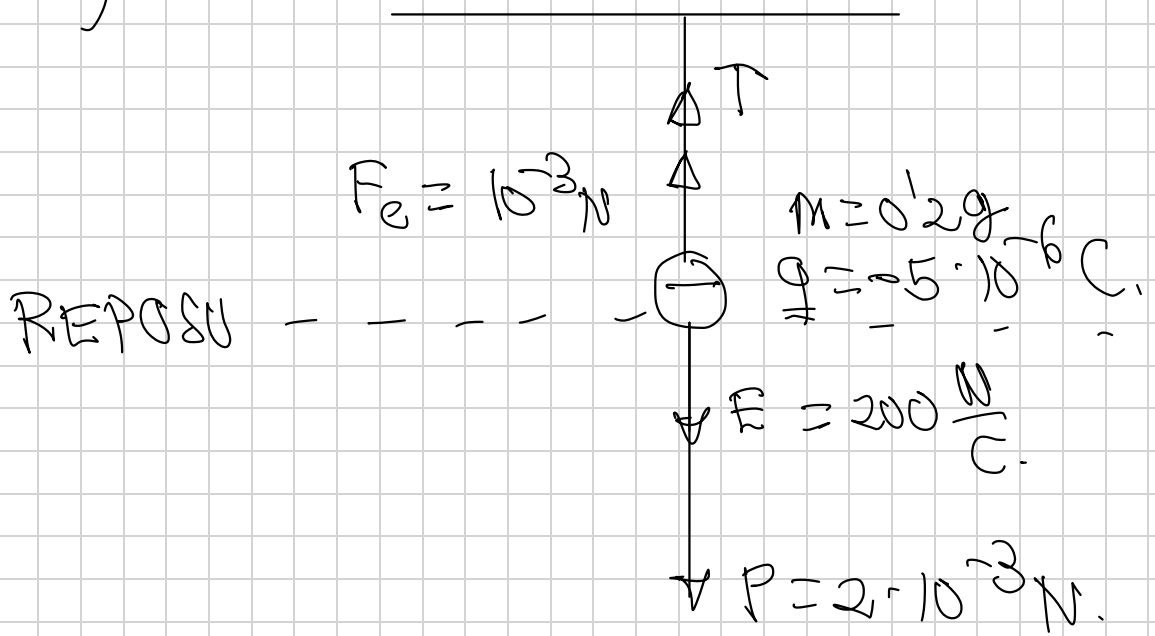
$|\vec{T}| = 3 \cdot 10^{-3}\,N.$

$\vec{E}$ vertical.

$P = m \cdot g = 0'2 \cdot 10^{-3}\,kg \cdot 10\,\frac{m}{s^2} = 2 \cdot 10^{-3}\,N$

$F_e = q \cdot E = 5 \cdot 10^{-6}\,C \cdot 200\,\frac{N}{C} = 10^{-3}\,N.$

b)



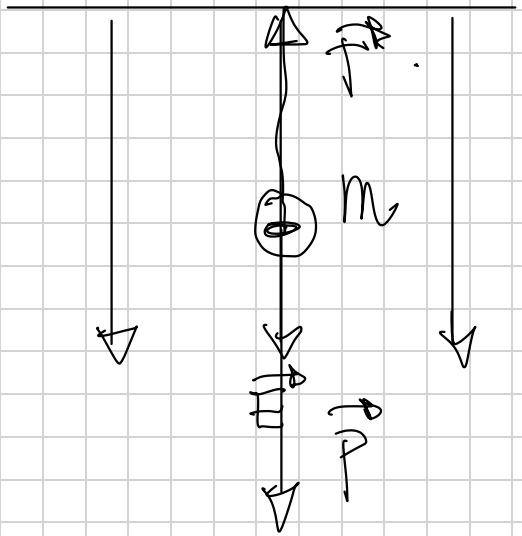
$$\vec{T} + \vec{F_e} = \vec{P}.$$

$$|\vec{T}| = |\vec{P}| - |\vec{F_e}|$$

$$|\vec{T}| = 2 \cdot 10^{-3}\,N - 10^{-3}\,N$$

$$|\vec{T}| = 10^{-3}\,N.$$

c)



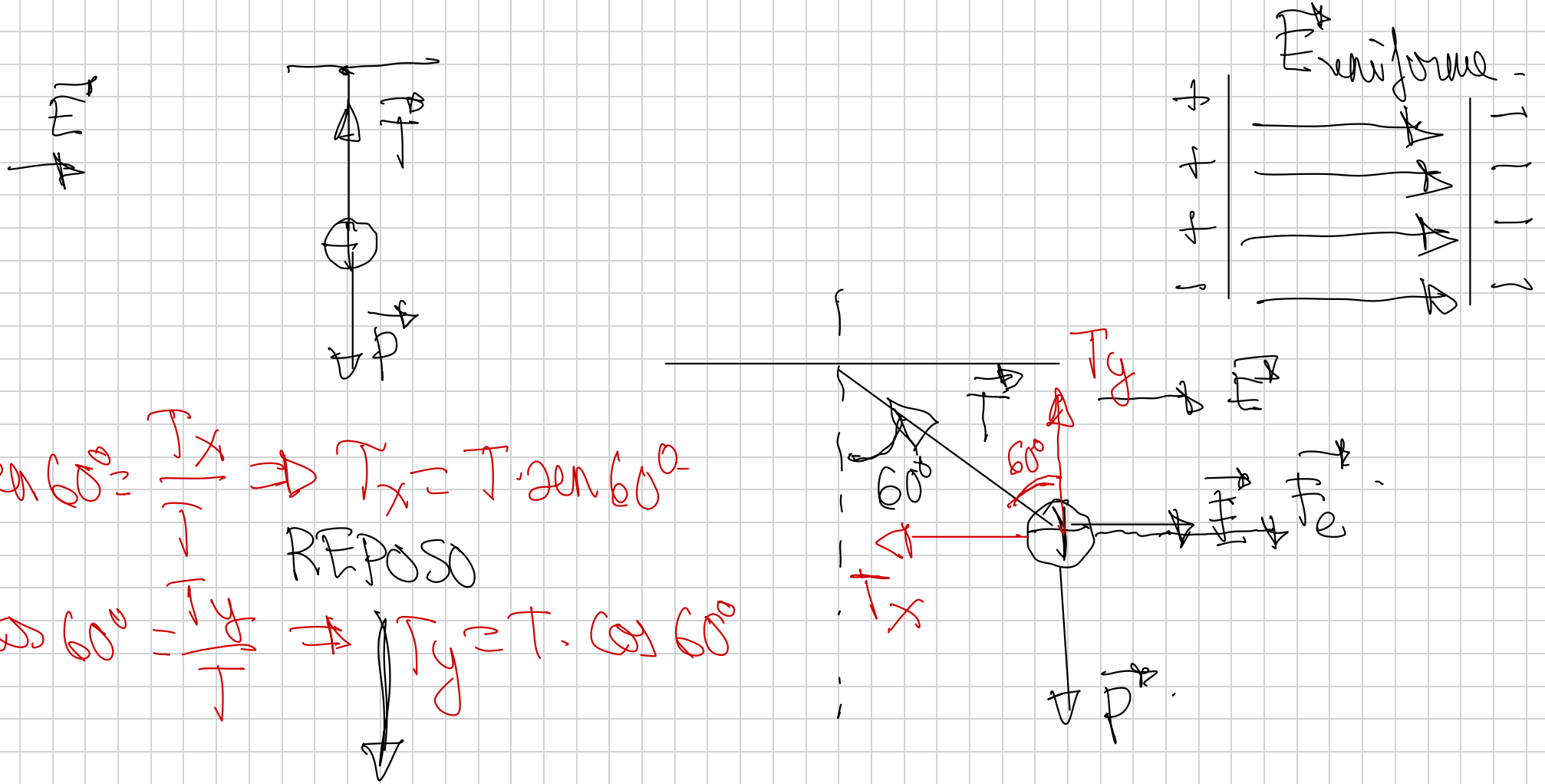
$$|\vec{T}| = |\vec{P}|$$

$$|\vec{T}| = 2 \cdot 10^{-3}\,N.$$

40.- Una bolita de 1 g, cargada con $+5 \cdot 10^{-6}$ C, pende de un hilo que forma un ángulo de 60º 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. $g=10\ ms^{-2}$



$$\text{EJEX} \quad |\vec{T}_x| = |\vec{F}_e| \qquad T \cdot \operatorname{sen} 60^\circ = q \cdot E$$

$$\text{EJEY} \quad |\vec{T}_y| = |\vec{P}| \qquad T \cdot \cos 60^\circ = m \cdot g$$

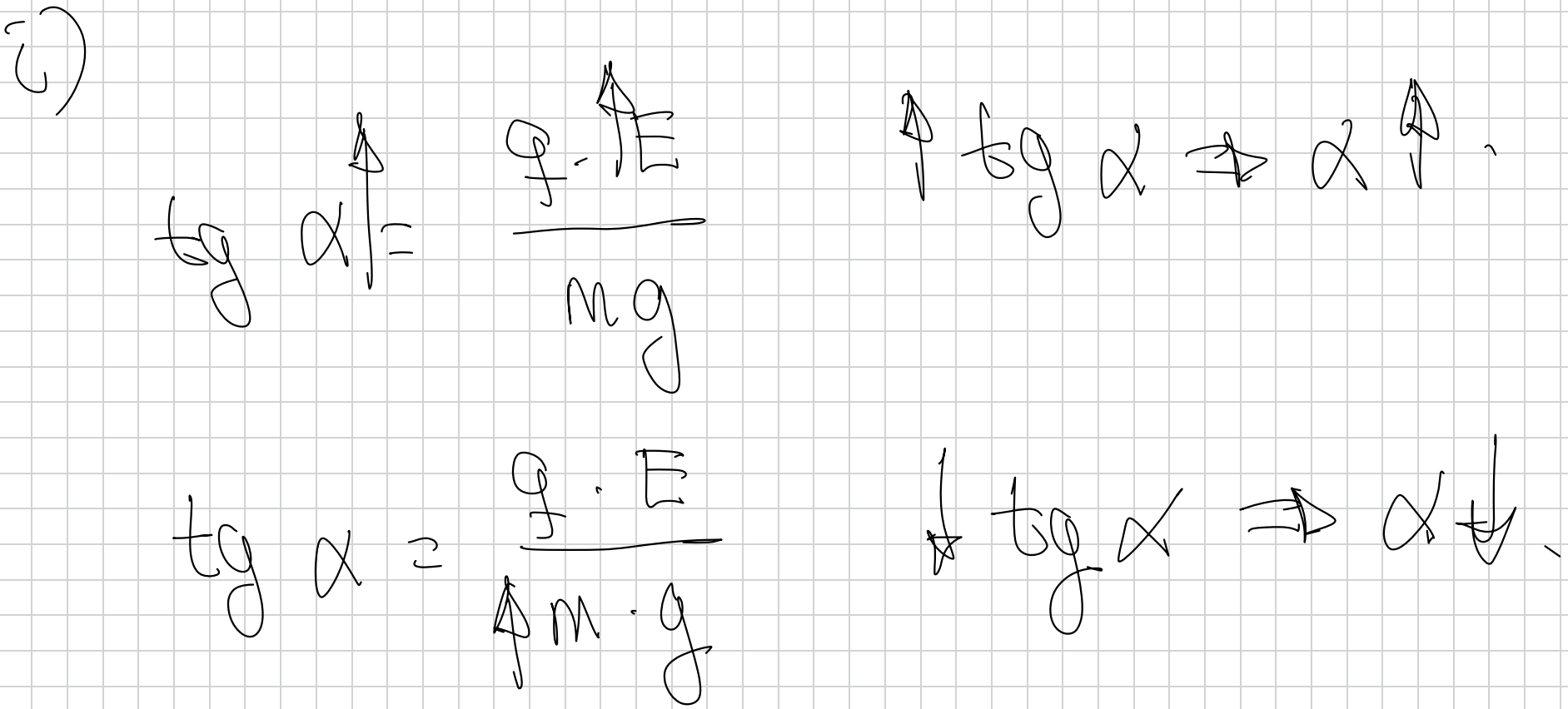
$$\frac{T \cdot \operatorname{sen} 60^\circ}{T \cdot \cos 60^\circ} = \frac{q \cdot E}{m \cdot g}$$

$$\operatorname{tg} 60^\circ = \frac{q \cdot E}{m \cdot g} \Rightarrow E = \frac{m \cdot g \cdot \operatorname{tg} 60^\circ}{q}$$

$$E = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot \sqrt{3}}{5 \cdot 10^{-6}} \; \frac{N}{C}$$

$$E = 3464 \; \frac{N}{C}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{q \cdot E}{m \cdot g}$$

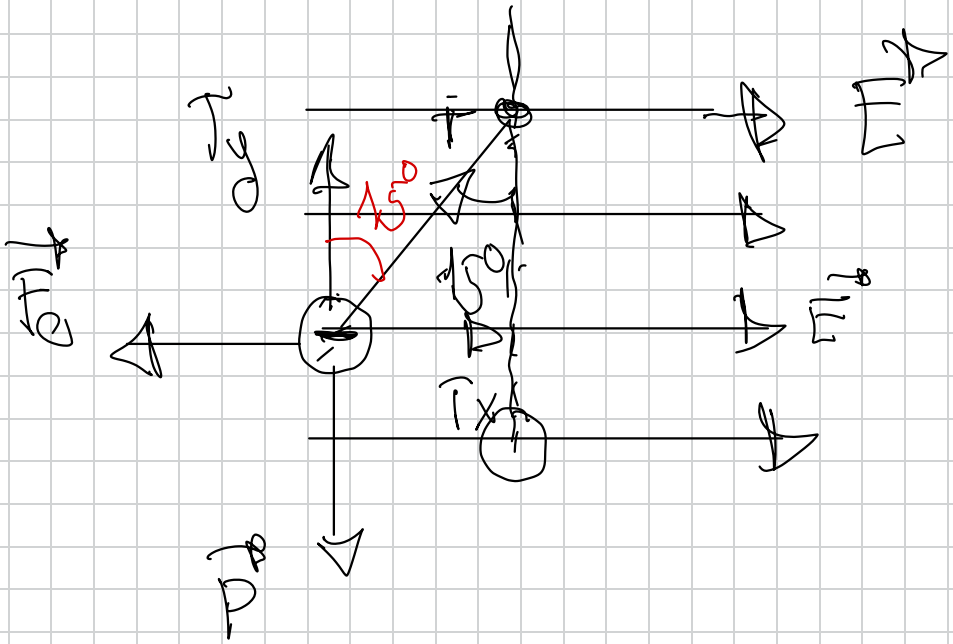


43.- Una bolita de plástico de 2 g se encuentra suspendida de un hilo de 20 cm de longitud y, al aplicar un campo eléctrico uniforme y horizontal de 1000 N C- 1, el hilo forma un ángulo de 15º con la vertical.

a) Dibuje en un esquema el campo eléctrico y todas las fuerzas que actúan sobre la esfera y determine su carga eléctrica.

b) Explique cómo cambia la energía potencial de la esfera al aplicar el campo eléctrico.

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



$$\operatorname{sen} 15^\circ = \frac{T_x}{T} \qquad T_x = T \cdot \operatorname{sen} 15^\circ$$

$$\cos 15^\circ = \frac{T_y}{T} \qquad T_y = T \cdot \cos 15^\circ$$

$$|\vec{T}_x| = |\vec{F_e}|$$

$$|\vec{T}_y| = |\vec{P}|$$

$$T \cdot \operatorname{sen} 15^\circ = |q| \cdot |\vec{E}|$$

$$T \cdot \cos 15^\circ = m \cdot g$$

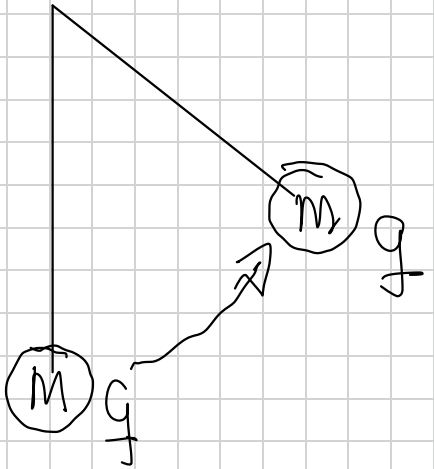
$$\frac{T \cdot \operatorname{sen} 15^\circ}{T \cos 15^\circ} = \frac{q \cdot E}{m \cdot g}$$

$$\operatorname{tg} 15^\circ = \frac{|q| \cdot E}{m \cdot g}$$

$$|q| = \frac{m \cdot g \cdot \operatorname{tg} 15^\circ}{E} = \frac{2 \cdot 10^{-3}\,\text{kg} \cdot 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \operatorname{tg} 15^\circ}{1000\,\frac{\text{N}}{\text{C}}}$$

$|q| = 5'36 \cdot 10^{-6}\,\text{C}$ No podemos saber su signo si no especifican hacia donde se mueve.

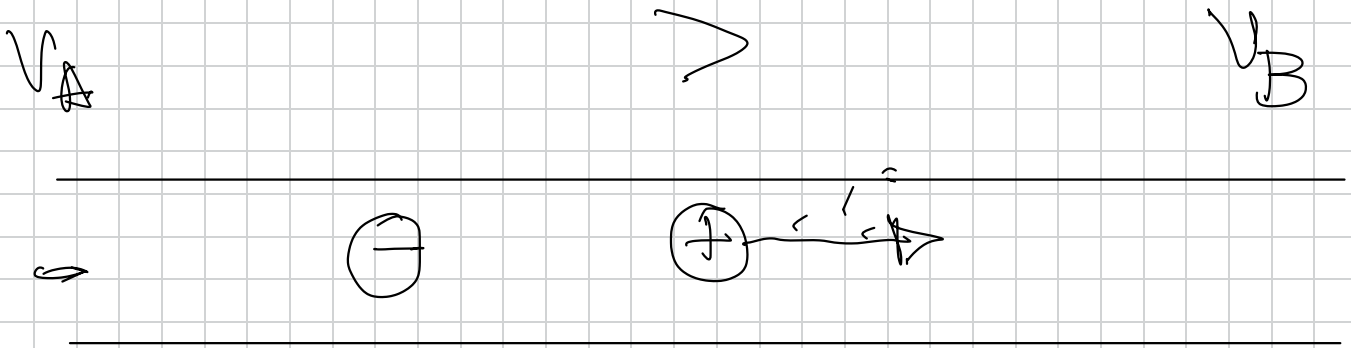
b) $E_{p\,\text{gravit}} = m \cdot g \cdot h$.



$E_{p\,\text{gravitatoria}}$.

$E_{p\,\text{eléctrica}}$.

$$|E_{p\,\text{eléctrica}}| = |E_{p\,\text{gravitatoria}}|$$



$$V_A - V_B = 500.000\ V.$$

$V_A > V_B$

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

$$(+) \cdot (+) > 0.$$

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

$$(-) \cdot (-)$$

$$V_A < V_B$$

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.

a) Realice un análisis energético que explique el funcionamiento del acelerador.

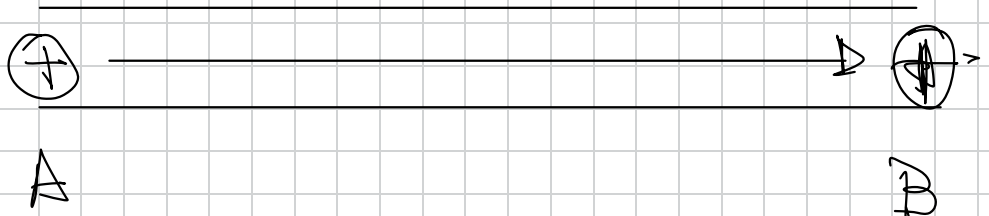
b) Si la diferencia de potencial es de 10^5 V y se introduce un electrón con una velocidad de 10^2 m/s, calcule la velocidad con la que llegará al otro extremo del tubo

c) Si se introdujera un protón, ¿habría que realizar alguna modificación en la experiencia?

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

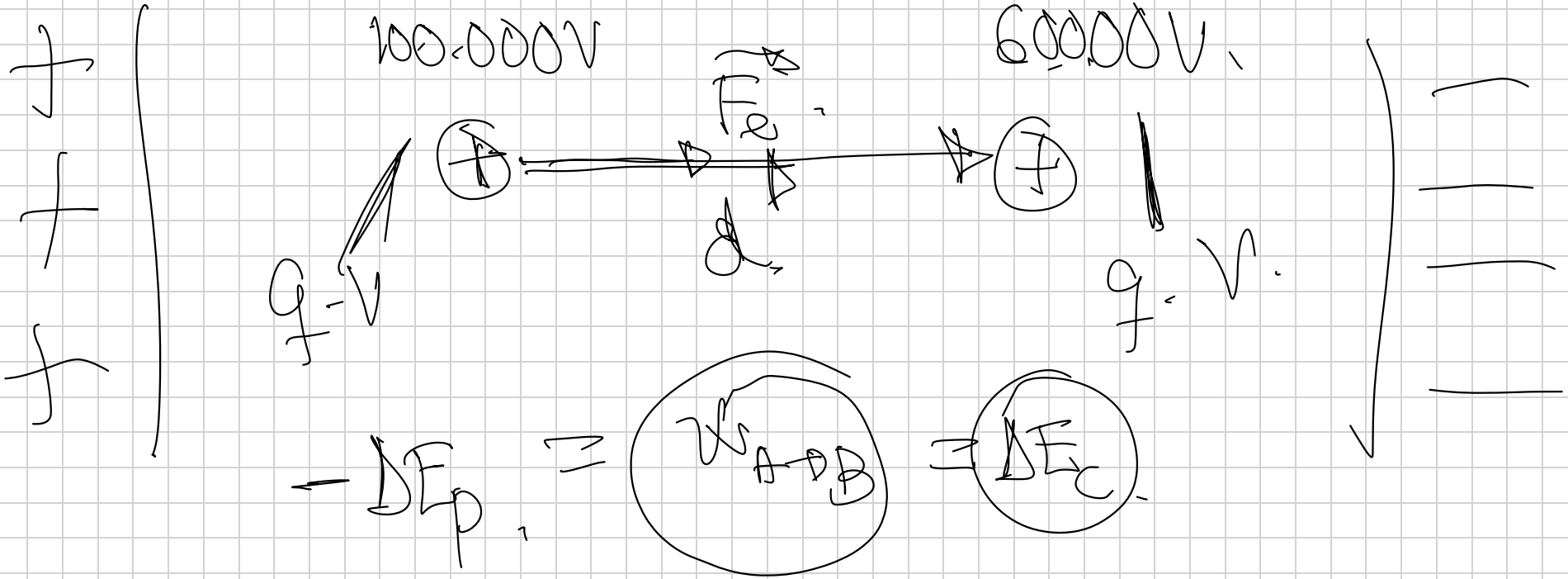
$3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$

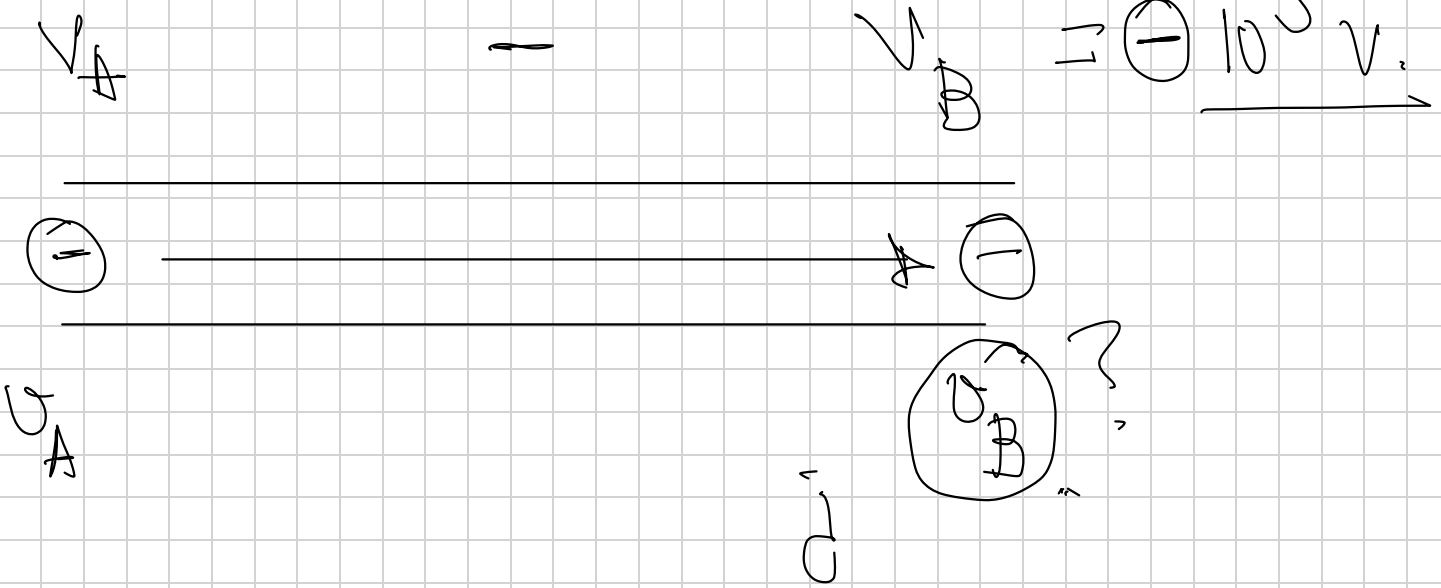
Al ser las masas tan pequeñas no tenemos en cuenta el efecto gravitatorio



$-\Delta E_{p\,electrica} = W_{A \to B} = \Delta E_{c\,A \to B}$

500.000 V.





$$W_{A\to B} = \Delta E_{C\,A\to B}$$

$$q\cdot(V_A - V_B) = E_{C_B} - E_{C_A}$$

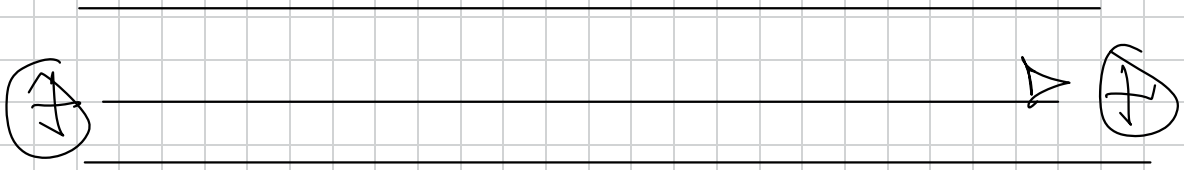
$$q\cdot(V_A - V_B) = \frac{1}{2} m_e v_B^2 - \frac{1}{2} m_e v_A^2$$

$$-1{,}6\cdot 10^{-19}\cdot(-10^5) = \frac{1}{2}\,9{,}1\cdot 10^{-31}\cdot v_B^2 = \frac{1}{2}\,9{,}1\cdot 10^{-31}\,(10^7)^2$$

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

$$v_B = \sqrt{\frac{2\left[q(V_A - V_B) + \frac{1}{2} m_e v_A^2\right]}{m_e}} \rightarrow 1'87 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

$V_A \rightleftharpoons V_B \rightarrow 10^5$ V.



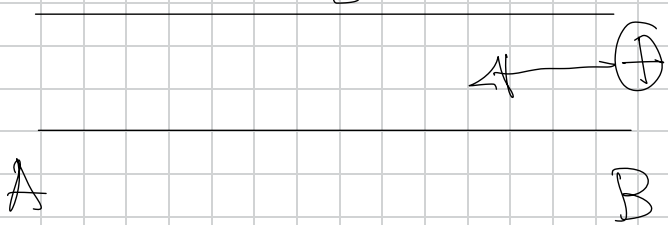
$V_A > V_B$

$m_p > m_e$

Tendría que haber puesto orden

de potenciales inverso para acelerar protones

$V_A - V_B = -10^5$ V.



Otra opción es habelo introducido por el otro extremo del tubo.

c) Se habría que modificar la experiencia ya que para acelerar espontáneamente una carga positiva el order de potenciales tendrá que ser inverso $W_{1\to 2} = q\cdot(V_1 - V_2) > 0$ (Espontáneo)

Luego si ahora $V_1 - V_2 > 0 \Rightarrow \boxed{V_1 > V_2}$,



El order de potenciales tendrá que ser inverso al anterior, haciendo que el potencial en el extremo de partida sea mayor que en el extremo de llegada.

Al igual que antes:

$-\Delta E_{P_{1\to 2}} = \boxed{W_{1\to 2} = \Delta E_{C_{1\to 2}}} \Rightarrow$

$q\cdot(V_1 - V_2) = \frac{1}{2} m_p \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} m_p \cdot v_1^2$

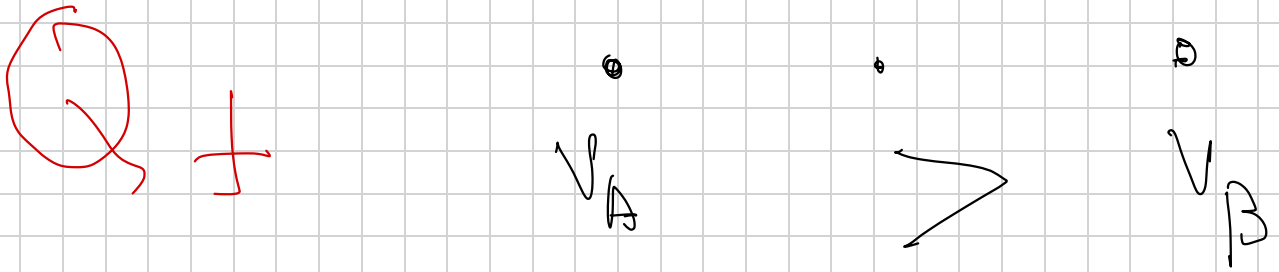
$q\cdot(V_1 - V_2) = \frac{1}{2} m_p \cdot (v_2^2 - v_1^2)$

$v_2^2 - v_1^2 = \frac{q\cdot(V_1 - V_2)}{\frac{1}{2} m_p}$

Al ser $m_p > m_{e^-}$, para que el incremento de velocidad sea el mismo, la diferencia de potencial ha de ser mayor, o la

(18-R) a) Considere un campo eléctrico en una región del espacio. El potencial electrostático en dos puntos A y B (que se encuentran en la misma línea de campo) es V_A y VB, cumpliéndose que $V_A > V_B$. Se deja libre una carga Q en el punto medio del segmento AB. Razone cómo es el movimiento de la carga en función de su signo.



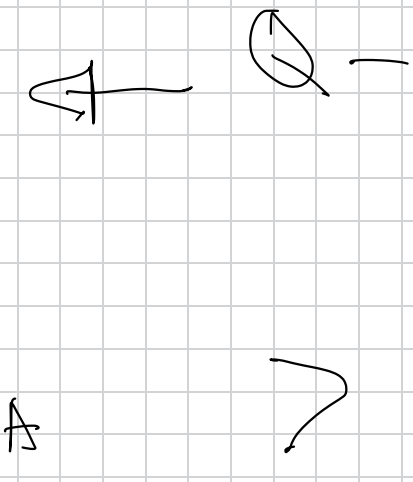


$+ \Rightarrow W_{1\to 2} = q \cdot (V_1 - V_2) > 0.$

(+) $V_1 > V_2$.

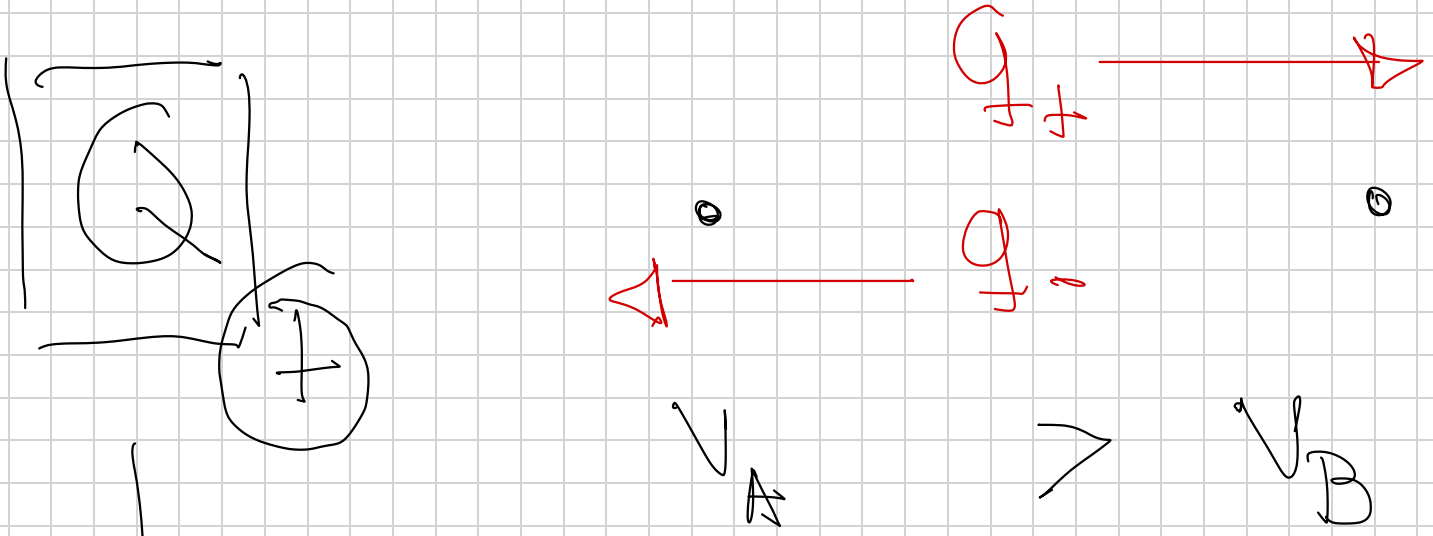
Descienden.





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

$V_1 < V_2$ → crescente

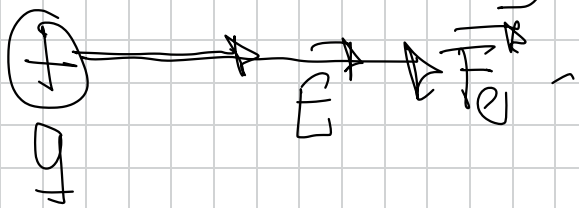


$$V = k \cdot \frac{Q^+}{r}$$

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

Q +

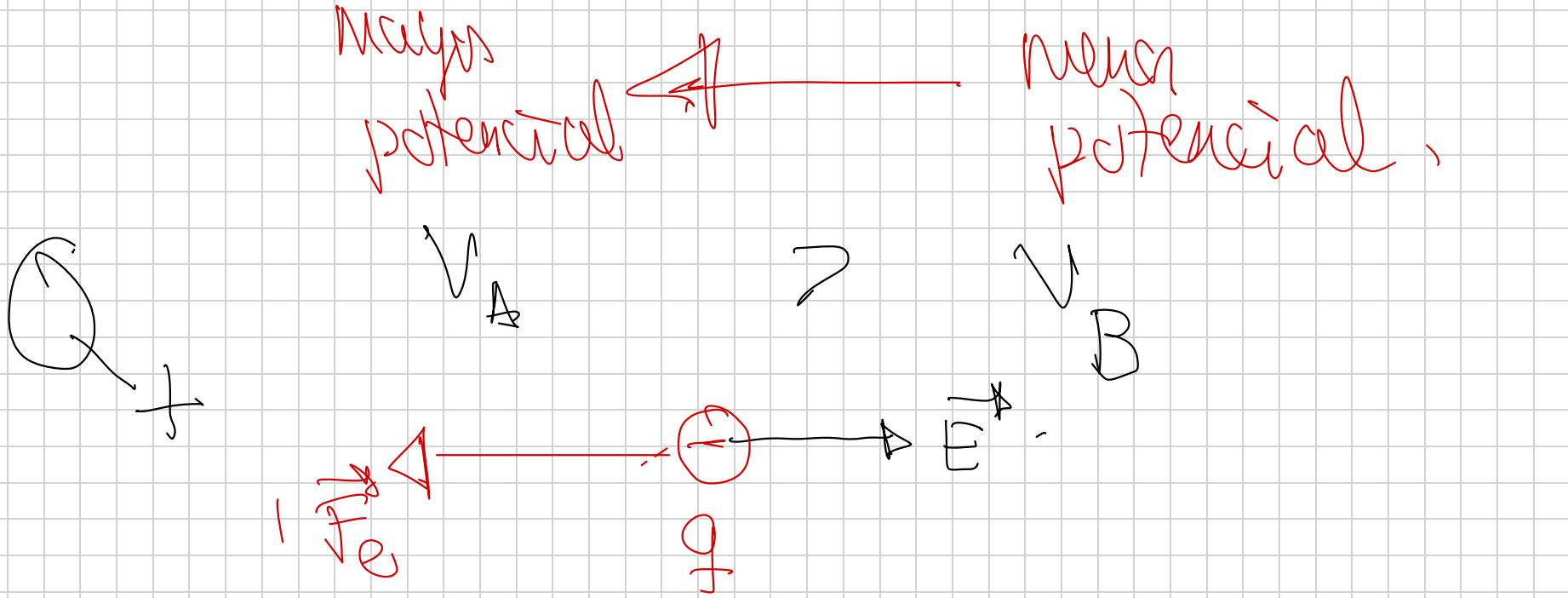
V_A > V_B



$W_{AB} = q \cdot (V_1 - V_2)$

+ +

$V_1 > V_2$ Decreasing



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

$V_1 < V_2$. → Crece