

Propiedades fundamentales de la carga

1 - la carga no se crea ni se destruye, solo se transfiere de unos cuerpos a otros.

2 - la carga eléctrica está cuantizada $\Rightarrow$

$$n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad - 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

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

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

$$\text{Cl}^- \quad \ominus \quad 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{S}^{2-} \quad \ominus \quad 2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

~~B 15~~

$$\text{Na}^+ \quad \pm 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{Ca}^{2+} \quad + 2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{Al}^{3+} \quad + 3 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

3'



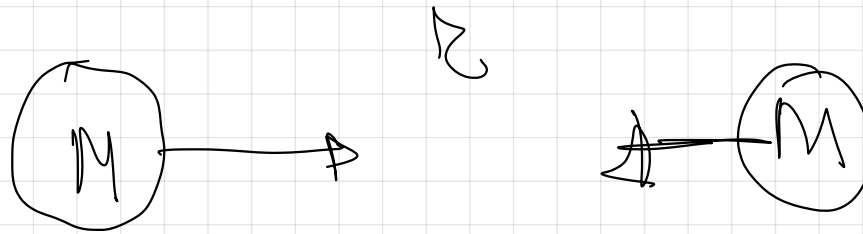
Cargas de distinta natureza se
atraem



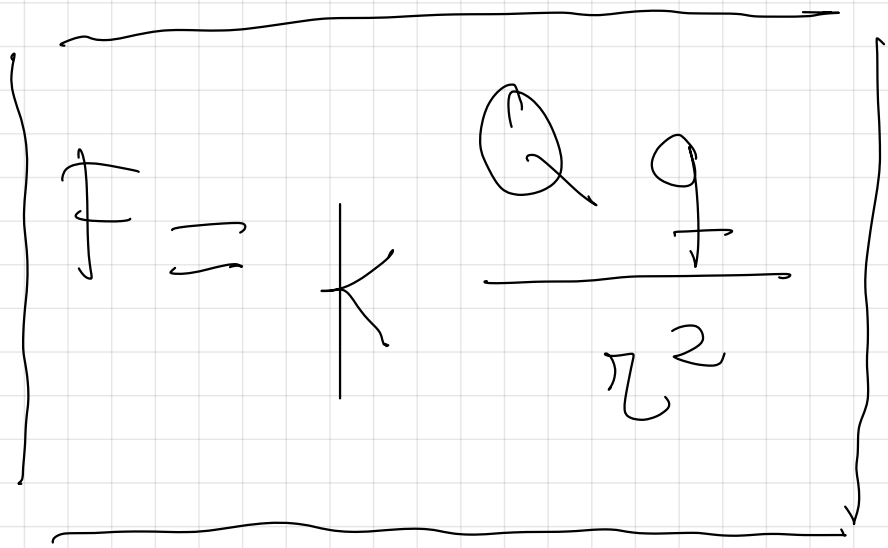
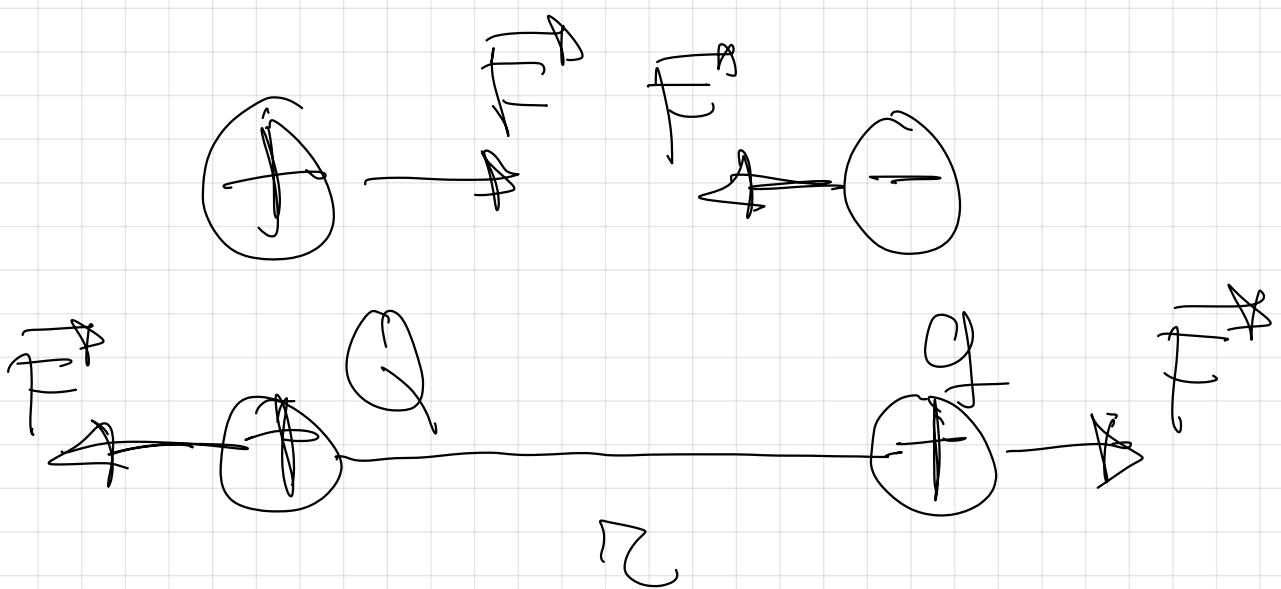
Cargas de igual natureza se
repelam



2° - Fuerzas entre 2 cargas en reposo.
Ley de Coulomb.



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



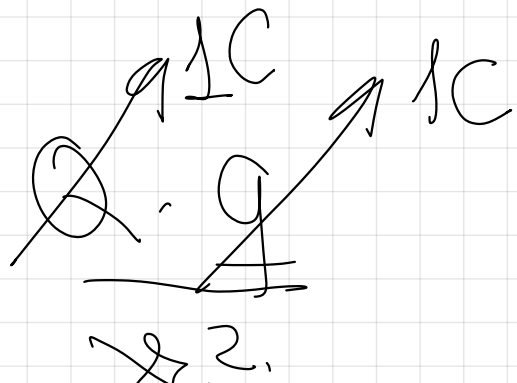
$F \Rightarrow$ Fuerza con las cargas se atraen o se repelen (N en S.I.)

$r \Rightarrow$ distancia que las separa (m)

Q y $q \Rightarrow$ Cargas (C en S.I.)

$$\boxed{K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2, \text{C}^{-2}} \Rightarrow \underline{\text{vacío.}}$$

$$F = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{1 \cdot 1}{1^2}$$



1m en el vacío.

$$|F = 9 \cdot 10^9 \text{ N}|$$

$$\left| \begin{array}{l} 1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C} \\ 1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C} \\ 1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C} \\ 1 \text{ pC} = 10^{-12} \text{ C} \end{array} \right|$$

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

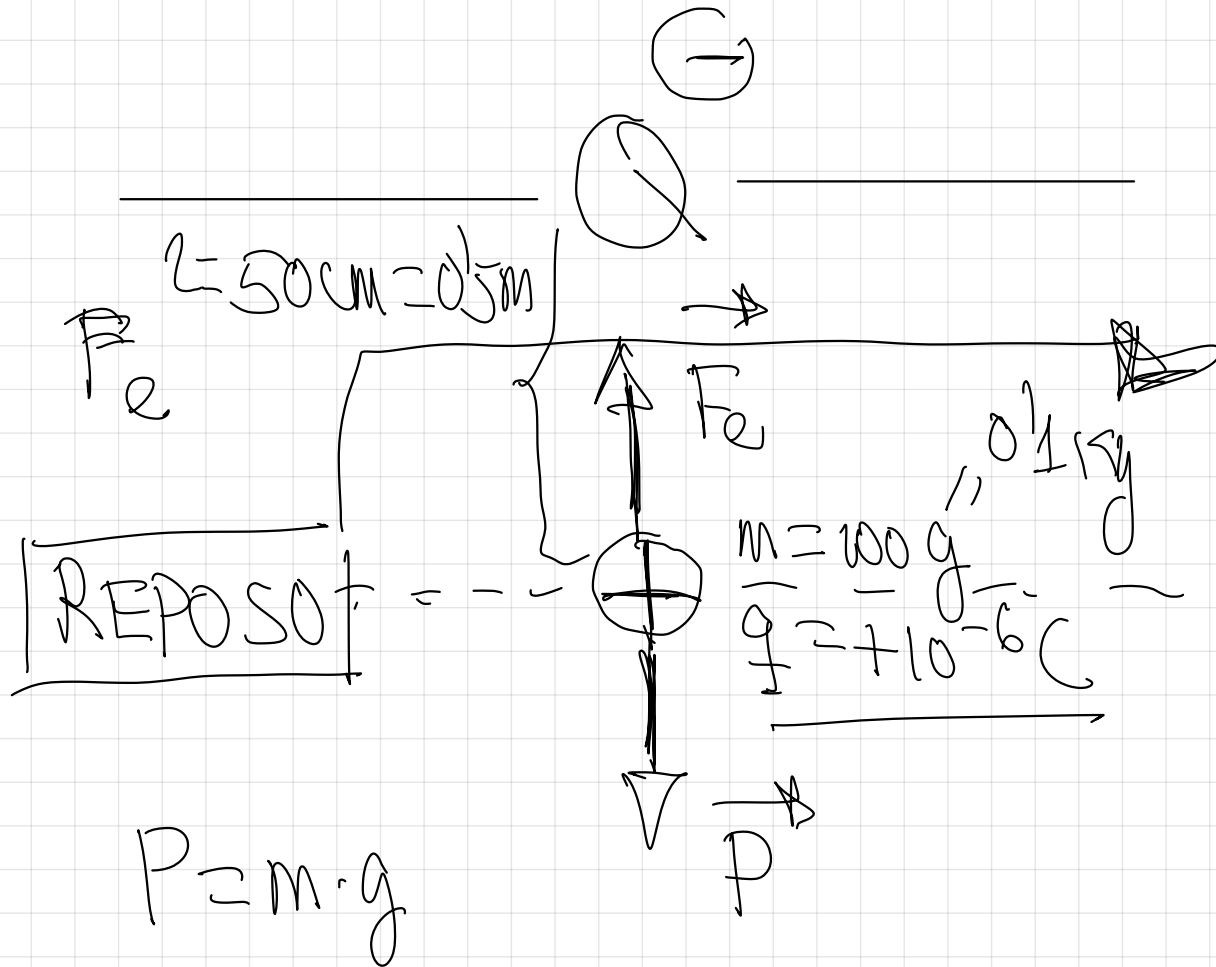
$$\pm 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Page 59.

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?

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



Calculo Q

$$|F_e| = |P|$$

ley de Coulomb.

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

$$K \cancel{Q} \cancel{H} = m \cdot g \cdot h^2$$

$$|Q| = \frac{m \cdot g \cdot h^2}{K \cdot H} = \frac{0.11 \cdot 9.8 \cdot 0.15^2}{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6} \text{ C}} = 2.7 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

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

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

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 $(0,1)\text{m}$ 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 $(0,1)\text{ m}$
- ¿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)?

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

Diagram showing two point charges on a vertical axis:

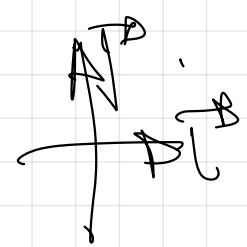
- Top charge: $(0,1)\text{ m}$, $m_2 = 20\text{ Kg}$, $q_2 = -100 \cdot 10^{-12}\text{ C}$. Forces F_e (up) and F_g (down) are indicated.
- Bottom charge: $(0,0)\text{ m}$, $m_1 = 10\text{ Kg}$, $q_1 = -1 \cdot 10^{-9}\text{ C}$.

Calculations:

$$F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$$= 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{10 \cdot 20}{1^2} = 1,33 \cdot 10^{-8}\text{ N}$$

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



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

$$= 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-9}}{100 \cdot 10^{-12}} = 9 \cdot 10^{10} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

→ (0,1)m

$$F_g = -133 \cdot 10^{-8} \vec{j} \text{ (N)}$$



$$F^* = F_e + F_g$$

→ (0,0)m



$$F^* = +9 \cdot 10^{-10} - 133 \cdot 10^{-8} \vec{j} \text{ (N)}$$

$$F^* = -124 \cdot 10^{-8} \vec{j} \text{ (N)}$$

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

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

b)

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{K \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}}{G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}}$$

$$F_e = 0'068 F_g$$

c)

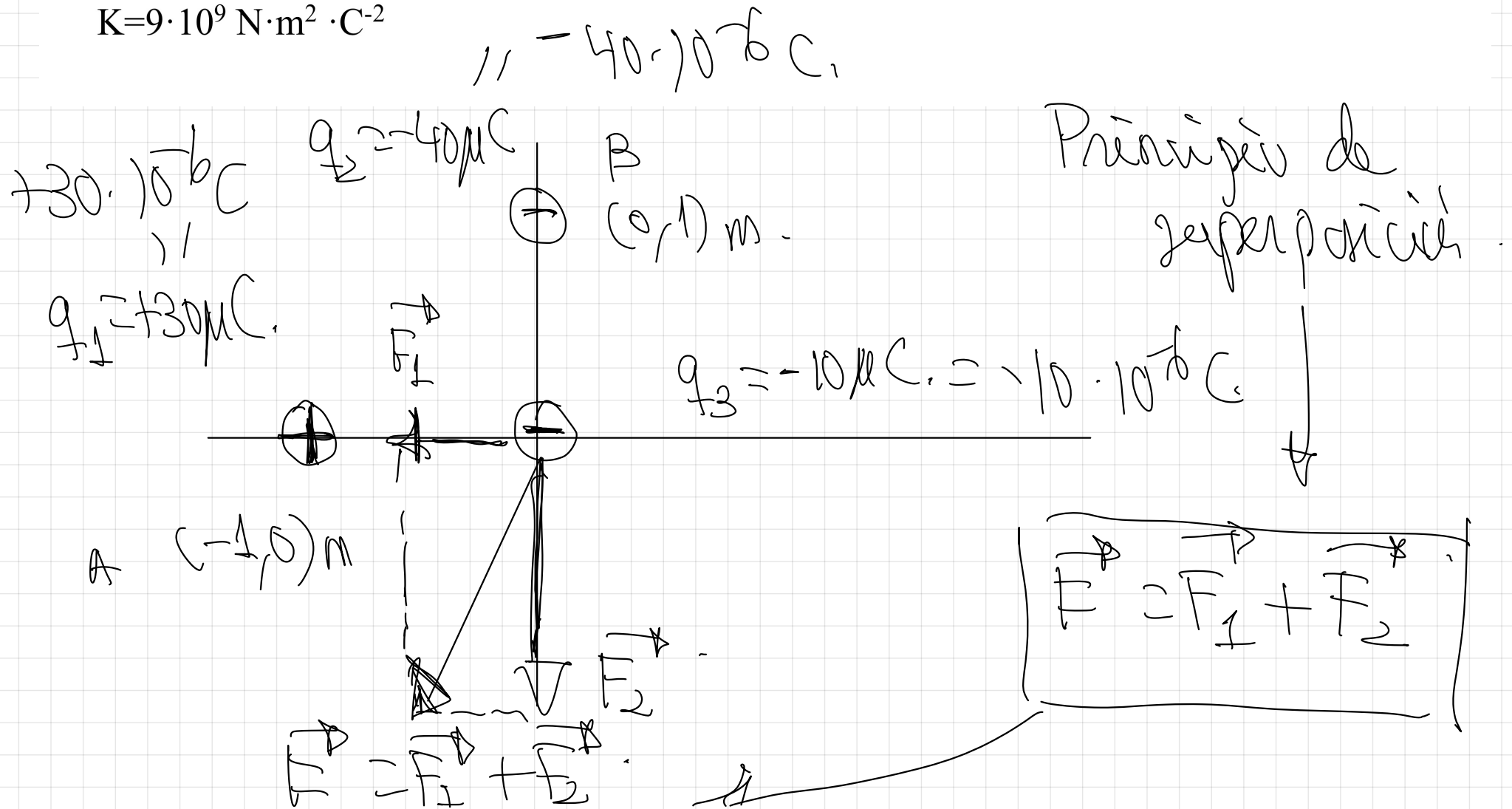
$$\frac{F_Q}{F_g} = \frac{KQ \cdot q}{G \cdot M \cdot m}$$

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

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



¡ OJO! $\Rightarrow$ En la fuerza $\vec{F}$ y
en todas las magnitudes vectoriales del
campo eléctrico primero hallamos su
módulo con el valor absoluto de las
cargas y después asignamos su
dirección y se centra.
ley de Coulomb.

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

$$|\vec{F}_1| = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{30 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{1^2} = 27 \text{ N.}$$

$$\vec{F}_1 = -27 \hat{r} \text{ (N)}$$

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

$$|\vec{F}_2| = K \cdot \frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{1^2} = 36 \text{ N.}$$

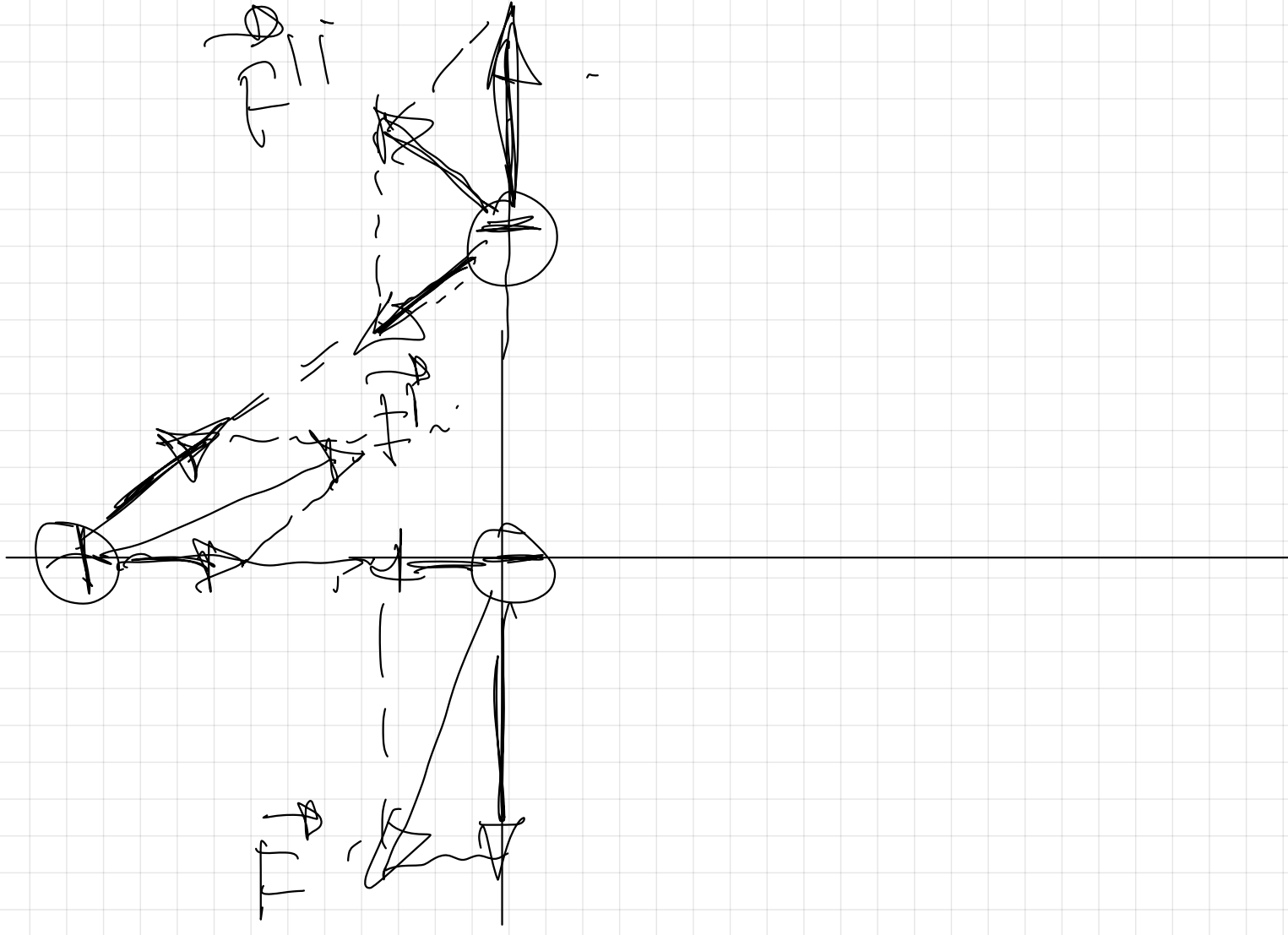
$$\vec{F}_2 = -36 \hat{r} \text{ (N)}$$

P_{20} super.

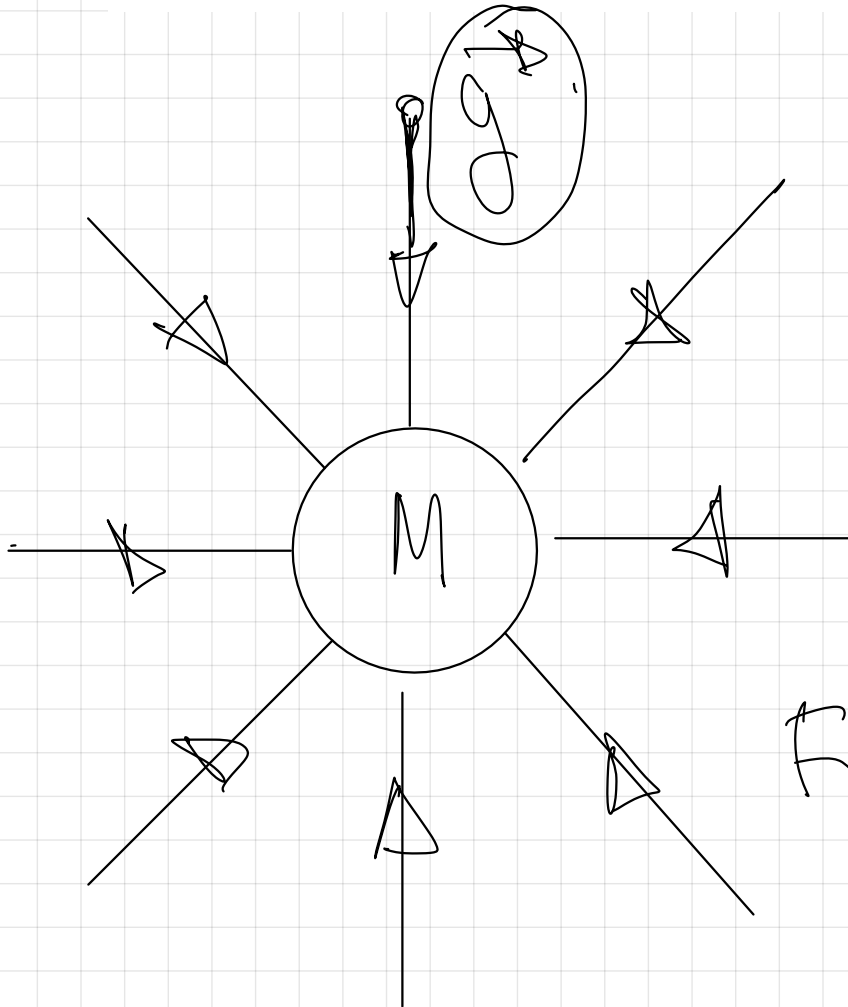
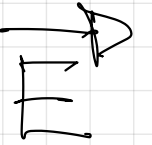
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = -217\vec{e}_1 - 316\vec{e}_2 \quad (N)$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(-217)^2 + (-316)^2}$$

$$|\vec{F}| = 415 N.$$



4.- EL CAMPO ELÉCTRICO. INTENSIDAD DEL CAMPO ELÉCTRICO



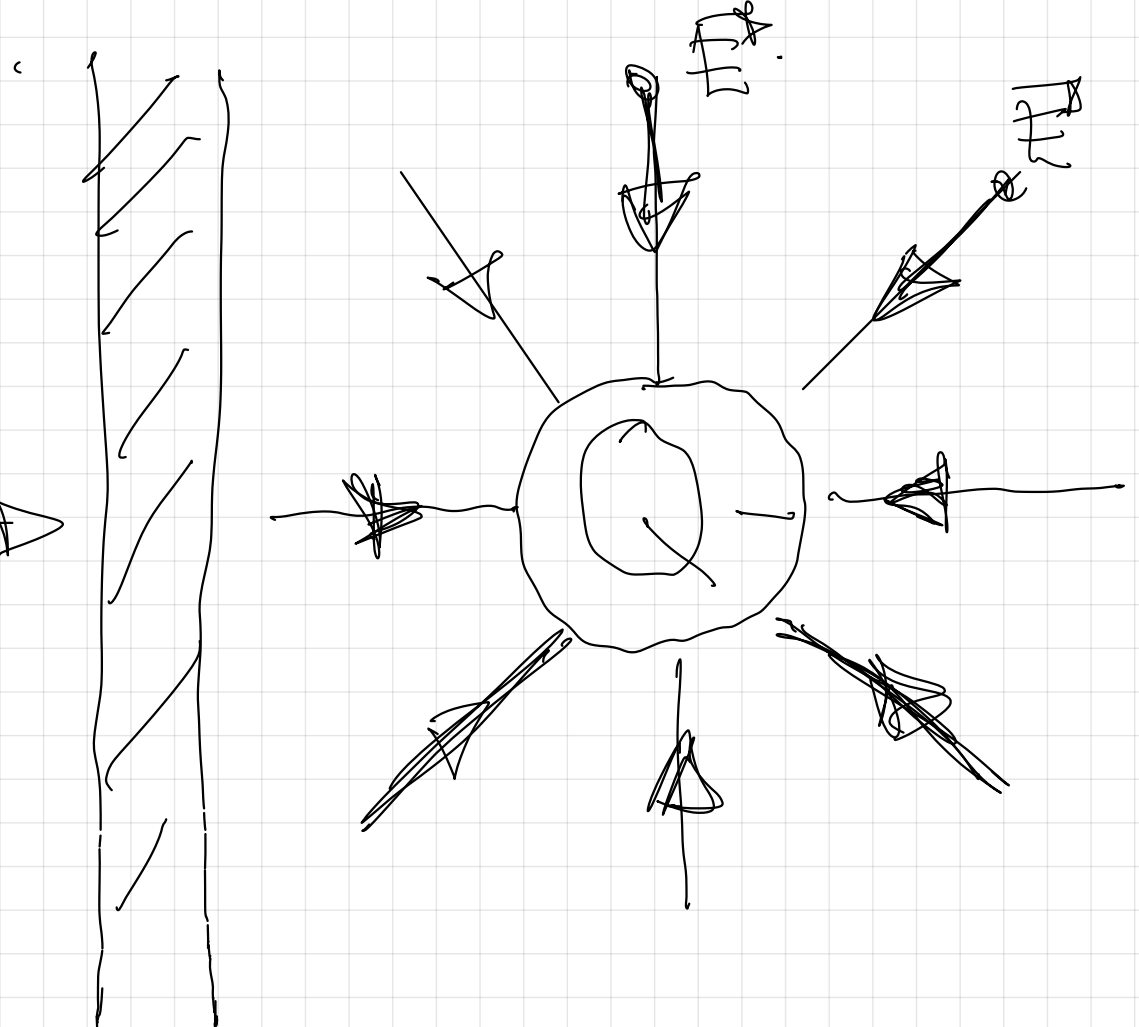
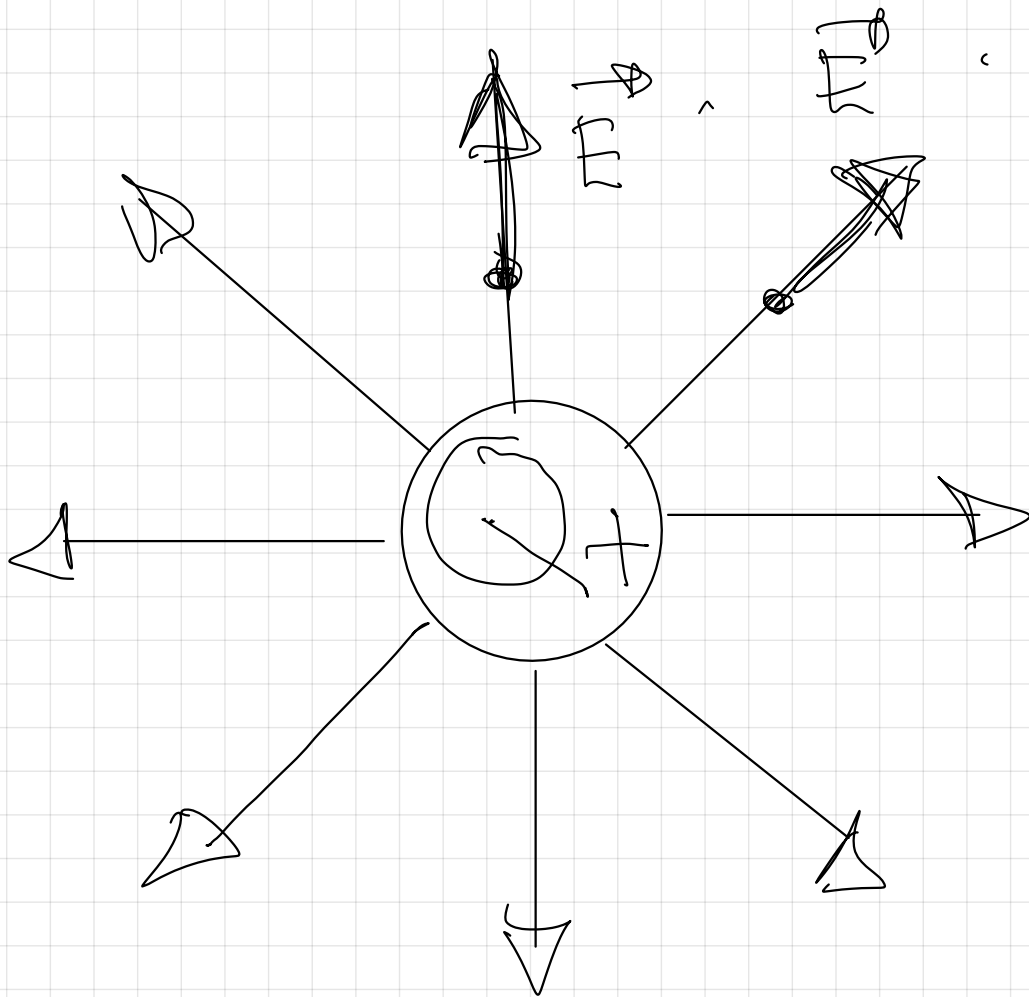
módulo

$$\left(g = \frac{F}{m} \right) = \frac{G \frac{M}{r^2}}{1} = G \frac{M}{r^2}$$

$$F = m \cdot g$$


- dirección -
- sentido -

Hipótesis trayectorias que seguiría una
carga positiva abandonada en reposo
dentro de E campo $\Rightarrow$ líneas de campo



$[E]$

→ módulo

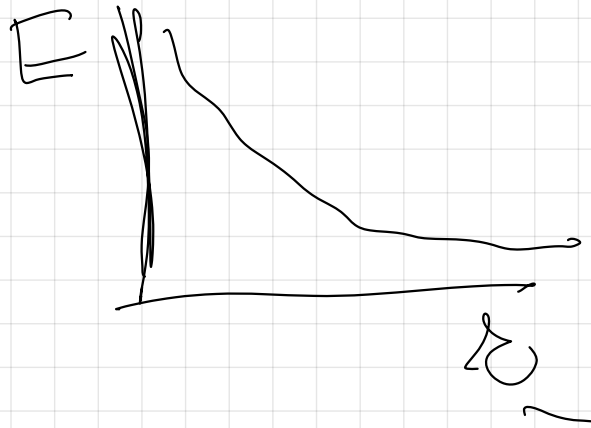
$$E = \frac{F}{q} = \frac{K \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}}{q} = \left[K \cdot \frac{Q}{r^2} \right]$$

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

$$\left[\frac{N}{C} \right]$$

$$= 10 \frac{N}{C}$$

$$F = q \cdot E$$



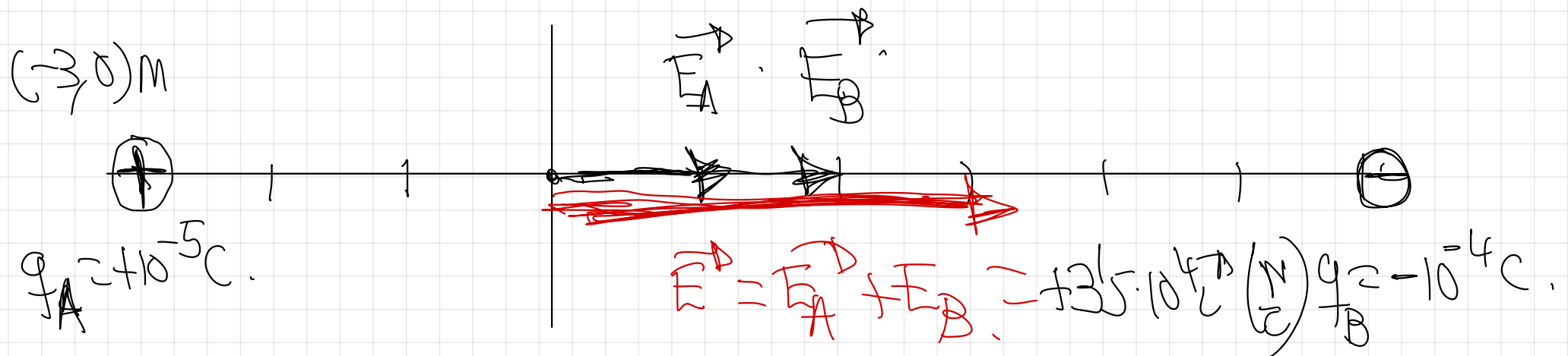
Dirección tangente en cada pto
a las líneas de campo

- Sentido: ↓ 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.

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

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



Al igual que en todas las magnitudes vectoriales del campo eléctrico, primero

escribo el módulo usando el valor absoluto de las cargas y después anteo dirección y sentido.

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

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

¡¡¡¡! valor absoluto

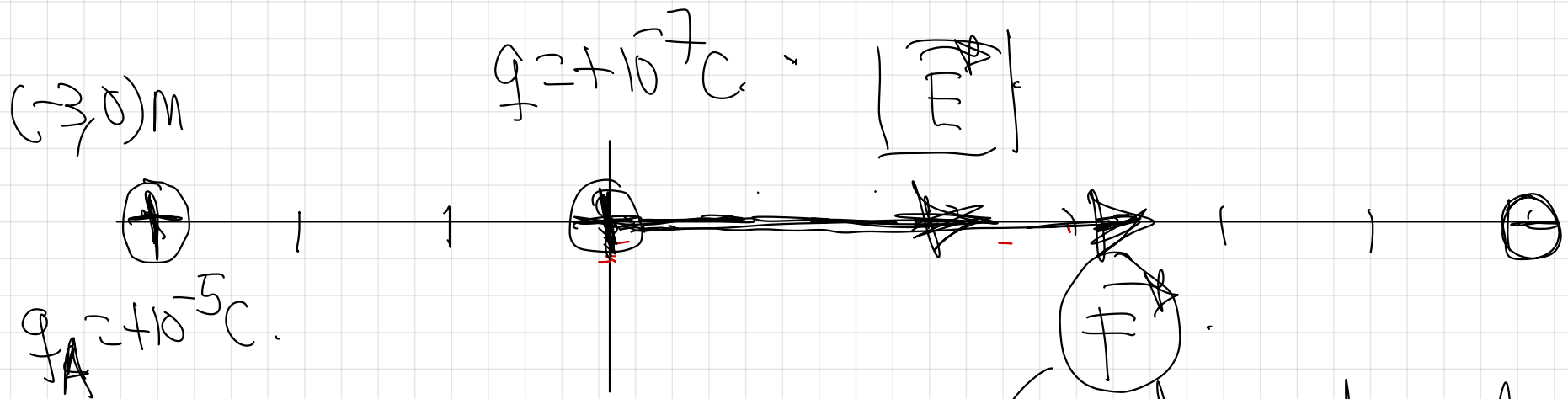
$$|\vec{E}_B| = k \cdot \frac{|q_B|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-4}}{6^2} = 2.5 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_B = + 2.5 \cdot 10^4 \vec{e} \left(\frac{N}{C} \right)$$

Pico de superposición.

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B = 10^4 \frac{N}{C} + 2.5 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

$$\vec{E} = + 3.5 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$



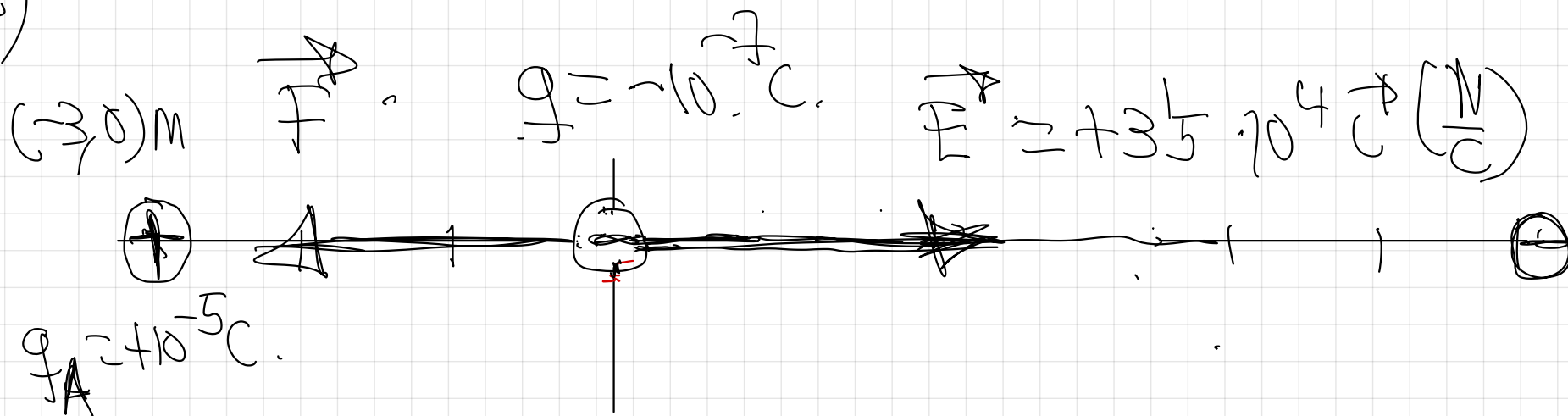
Como en cualquier magnitud vectorial -

$$|\vec{E}| = |q| |\vec{E}| = +10^{-7} C \cdot 3.5 \cdot 10^4 \frac{N}{C} = 3.5 \cdot 10^{-3} N$$

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

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

c)



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

¡Ojo, valor absoluto

Dirección y sentido después.

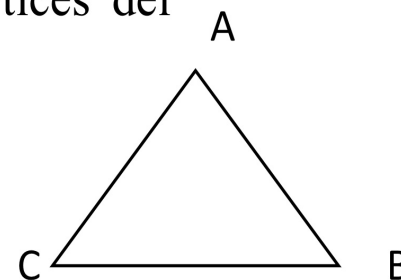
$$\vec{F} = \ominus 35 \cdot 10^{-3} \vec{e} \text{ (N)}$$

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

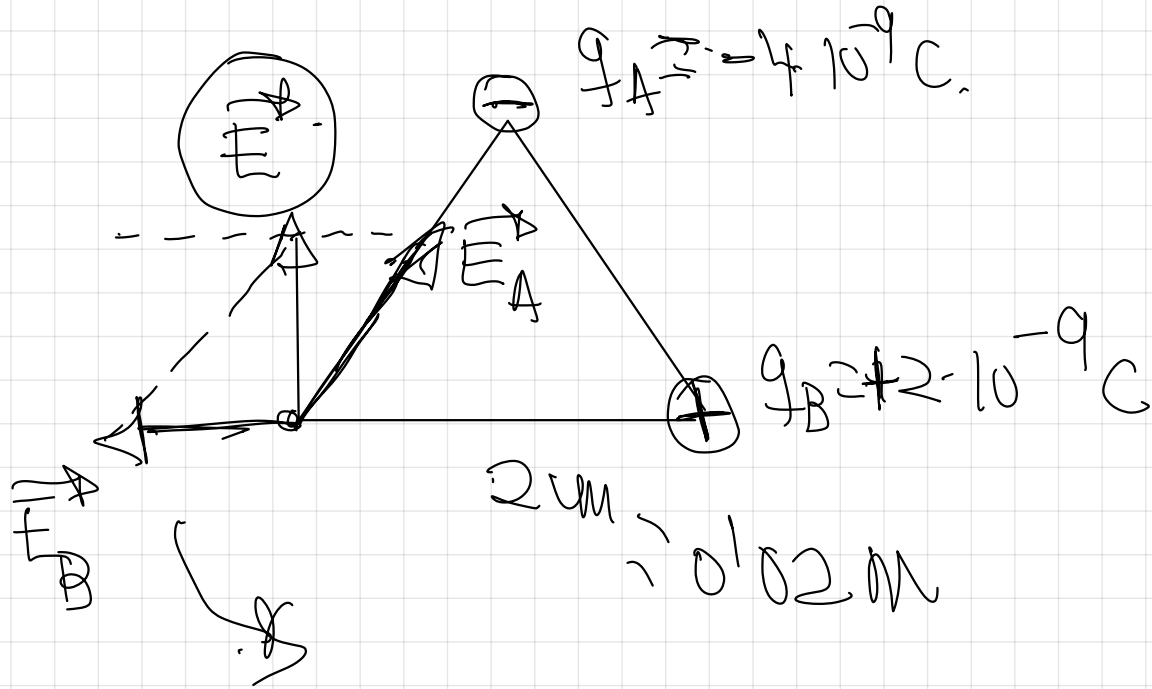
5.- Las cargas $q_A = -4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ y $q_B = +2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ están situadas en los vértices del triángulo equilátero de la figura, el cual posee 2 cm de lado

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

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



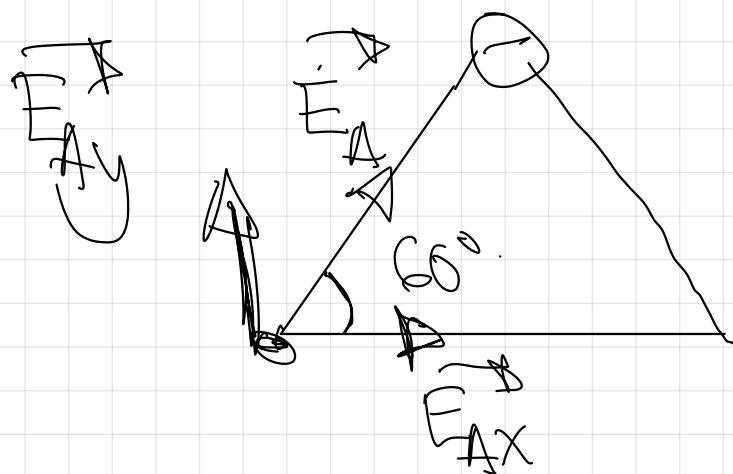
Princípio de
superposição -



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

$$E = 4.5 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$Q_A = -4 \cdot 10^{-9} \text{ C.}$$



Descompongo

$$|E_A| = k \cdot \frac{|Q_A|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-9}}{(0.02)^2} = 9 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\text{sen } 60^\circ = \frac{|E_{Ay}|}{|E_A|} \Rightarrow$$

$$|E_{Ay}| = |E_A| \cdot \text{sen } 60^\circ$$

$$|E_{Ay}| = 9 \cdot 10^4 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 7.8 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$E_{Ay} = +7.8 \cdot 10^4 \uparrow \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

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

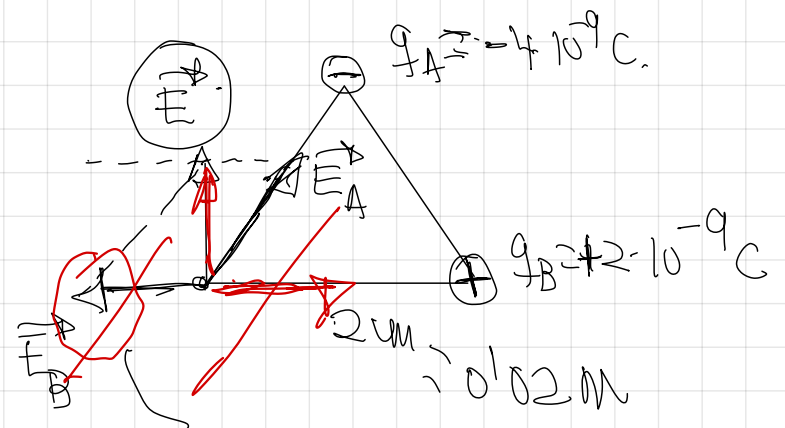
$$|\vec{E}_{Ax}| = 9 \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{2} = 4,5 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

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

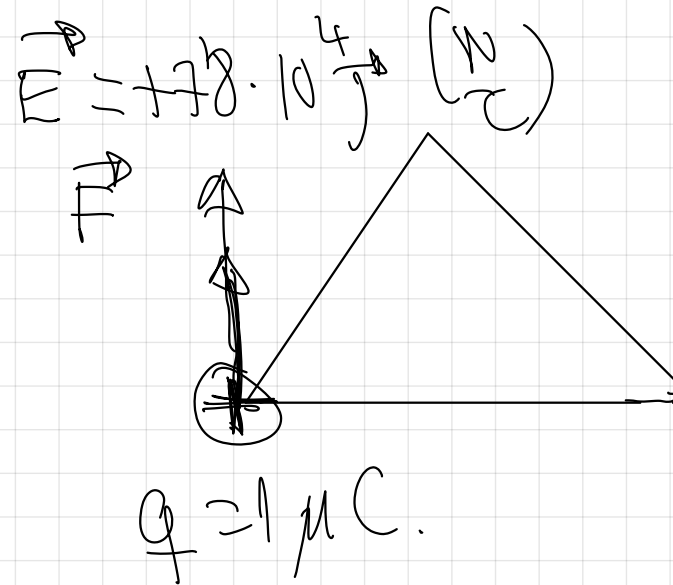
$$\vec{E}_A = +4,5 \cdot 10^4 \vec{e}_x + 7,8 \cdot 10^4 \vec{e}_y \left(\frac{N}{C} \right)$$

$$\vec{E}_B = -4,5 \cdot 10^4 \vec{e}_x \left(\frac{N}{C} \right)$$

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B = +7,8 \cdot 10^4 \vec{e}_y \left(\frac{N}{C} \right)$$



b)

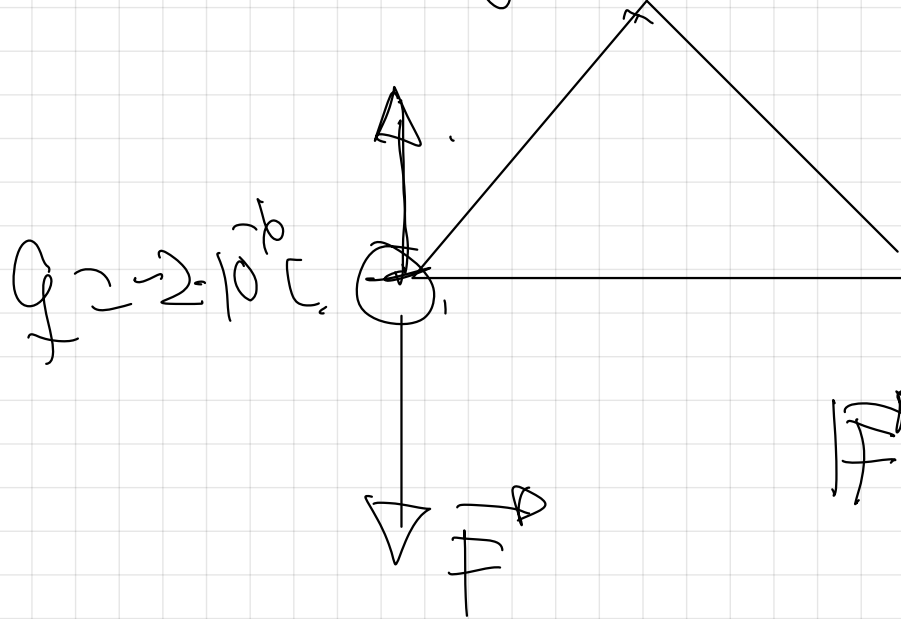


$$|\vec{F}| = |q| \cdot |\vec{E}| = 1 \cdot 10^{-6} C \cdot 7.8 \cdot 10^4 \frac{N}{C} = 7.8 \cdot 10^{-2} N$$

$$\vec{F} = +7.8 \cdot 10^{-2} \vec{y} \text{ (N)}$$

c)

c) $\vec{E} = 778 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$



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

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

$$|\vec{F}_e| = 2 \cdot 10^{-6} C / 778 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

$$|\vec{F}_e| = 1516 \cdot 10^{-2} N$$

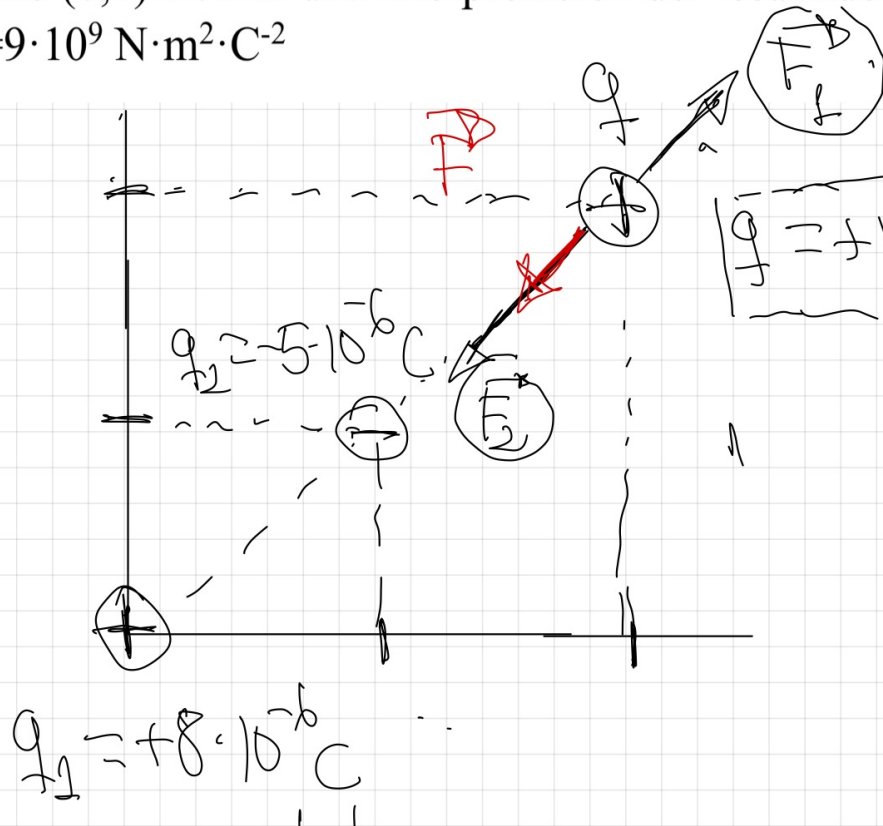
$$\vec{F}_e = -1516 \cdot 10^{-2} \frac{N}{C}$$

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:

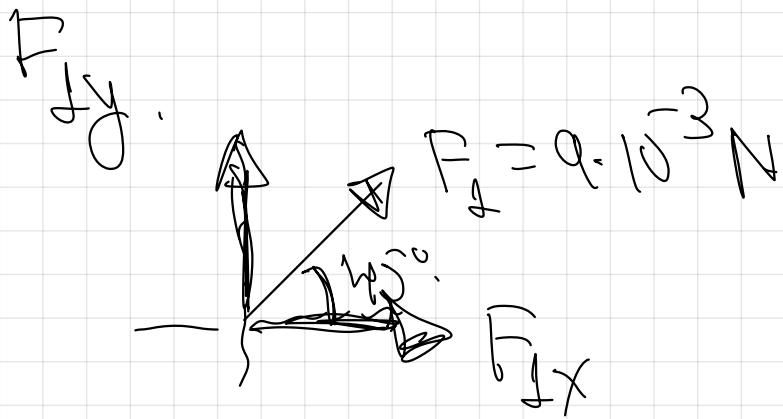
- La fuerza que actúa sobre una carga de $1 \mu\text{C}$ situada en el punto $(2,2) \text{ m}$
- El trabajo necesario para llevar a ésta última carga desde el punto que ocupa hasta punto $(0,1) \text{ m}$. Dar una interpretación del resultado.

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

... $(0,1) \text{ m}$. Dar una interpretación del resultado.
 $=9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$



$$\begin{aligned}
 |F_1| &= K \frac{|q_1| \cdot |q|}{r^2} = \\
 &= 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-6}}{(\sqrt{8})^2} = \\
 &= \boxed{9 \cdot 10^{-3} \text{ N}}
 \end{aligned}$$

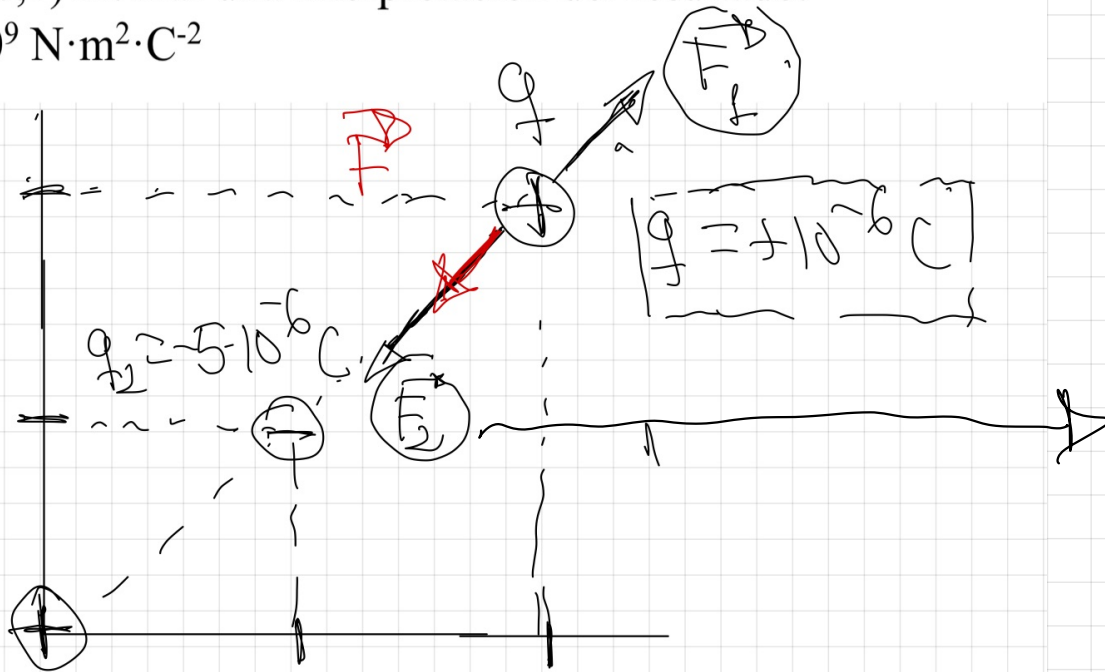


$$\sin 45^\circ = \frac{|\vec{F}_{2y}|}{|\vec{F}_2|} \Rightarrow |\vec{F}_{2y}| = |\vec{F}_2| \cdot \sin 45^\circ = 9 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 6,36 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

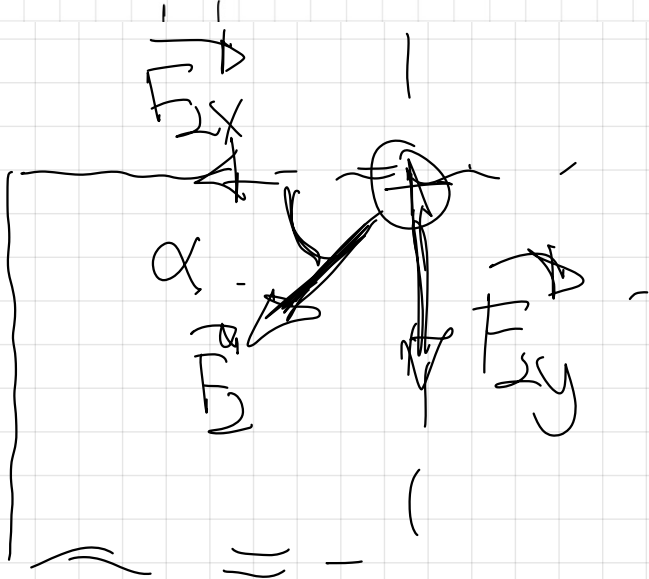
$$\cos 45^\circ = \frac{|\vec{F}_{2x}|}{|\vec{F}_2|} \Rightarrow |\vec{F}_{2x}| = |\vec{F}_2| \cdot \cos 45^\circ = 9 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 6,36 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$\vec{F} = +6,36 \cdot 10^{-3} \vec{e}_x + 6,36 \cdot 10^{-3} \vec{e}_y \quad (\text{N})$$

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



$q_1 = +8 \cdot 10^{-6} \text{ C}$



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

$$= 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-6}}{\left(\frac{\sqrt{8}}{2}\right)^2}$$

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

$$\sin 45^\circ = \frac{|\vec{F}_{2y}|}{|\vec{F}_2|} \Rightarrow |\vec{F}_{2y}| = |\vec{F}_2| \cdot \sin 45^\circ = 2125 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

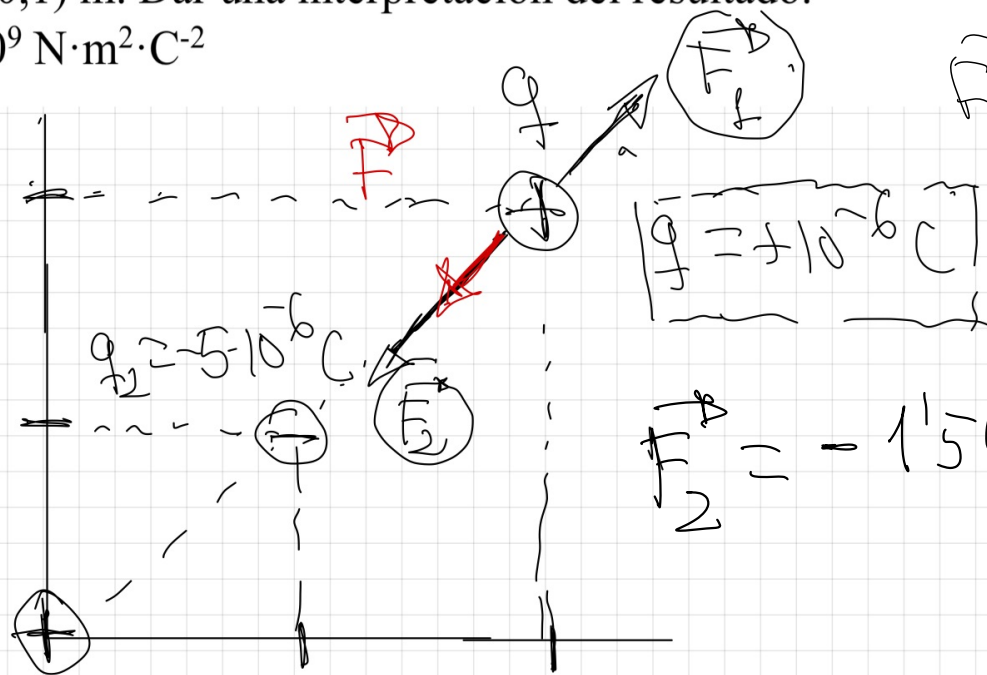
$$|\vec{F}_{2y}| = 159 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

$$\cos 45^\circ = \frac{|\vec{F}_{2x}|}{|\vec{F}_2|} \Rightarrow |\vec{F}_{2x}| = 159 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

$$\vec{F}_2 = -159 \cdot 10^{-2} \vec{e}_x - 159 \cdot 10^{-2} \vec{e}_y \text{ (N)}$$

Wie (b,1) im 2. und 3. Interpretation der Resultate:

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



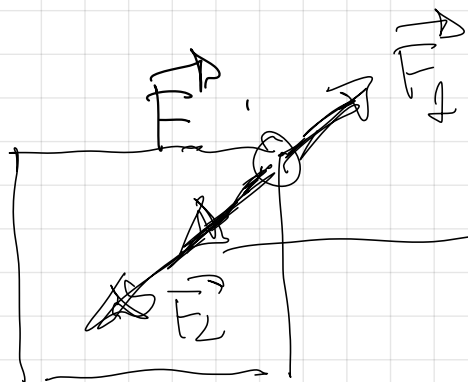
$$\vec{F}_1 = +6'36 \cdot 10^{-3} \hat{i} + 6'36 \cdot 10^{-3} \hat{j} \text{ (N)}$$

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

$$q_1 = +8 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

Princípio de
superposição $\Rightarrow$

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

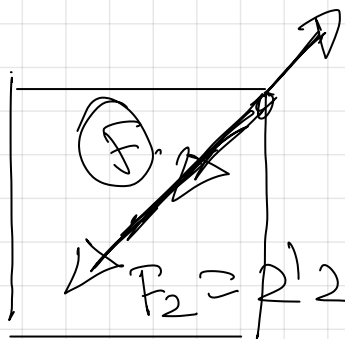


$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$\vec{F} = -9.9 \cdot 10^{-3} \vec{e}_1 - 9.6 \cdot 10^{-3} \vec{e}_2 \quad (\text{N})$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{x^2 + y^2} = 13.5 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

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



$$F_2 = 2.25 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

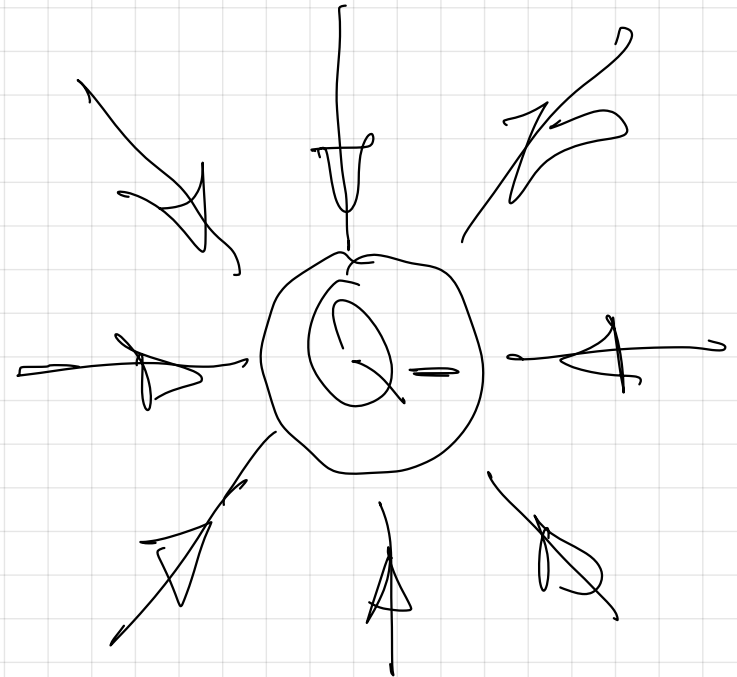
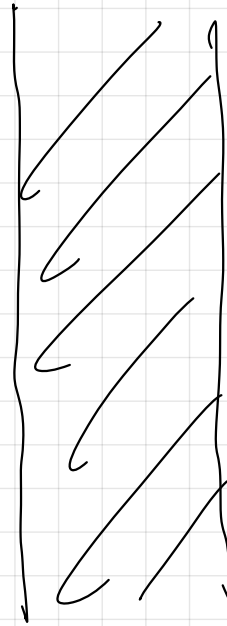
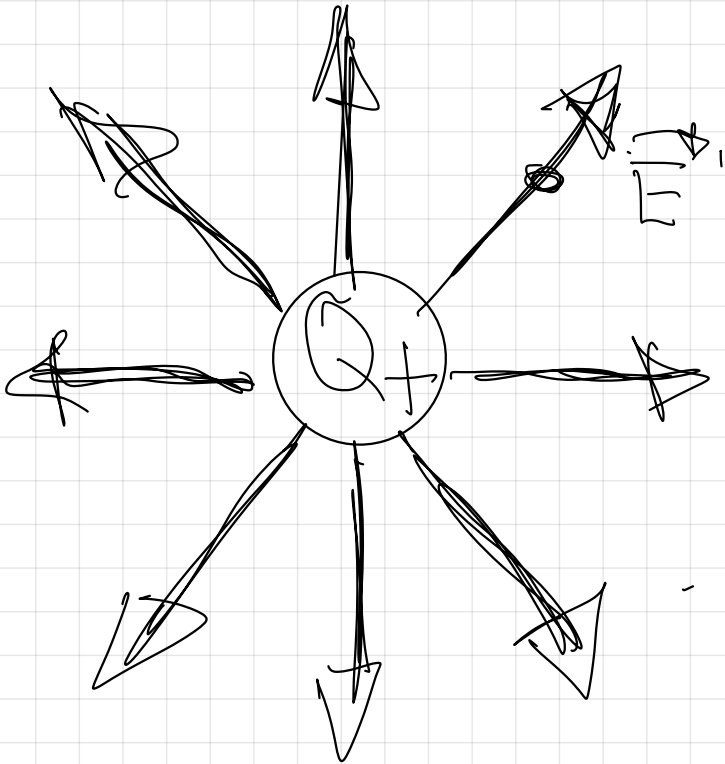
$$|\vec{F}| = |\vec{F}_2| - |\vec{F}_1|$$

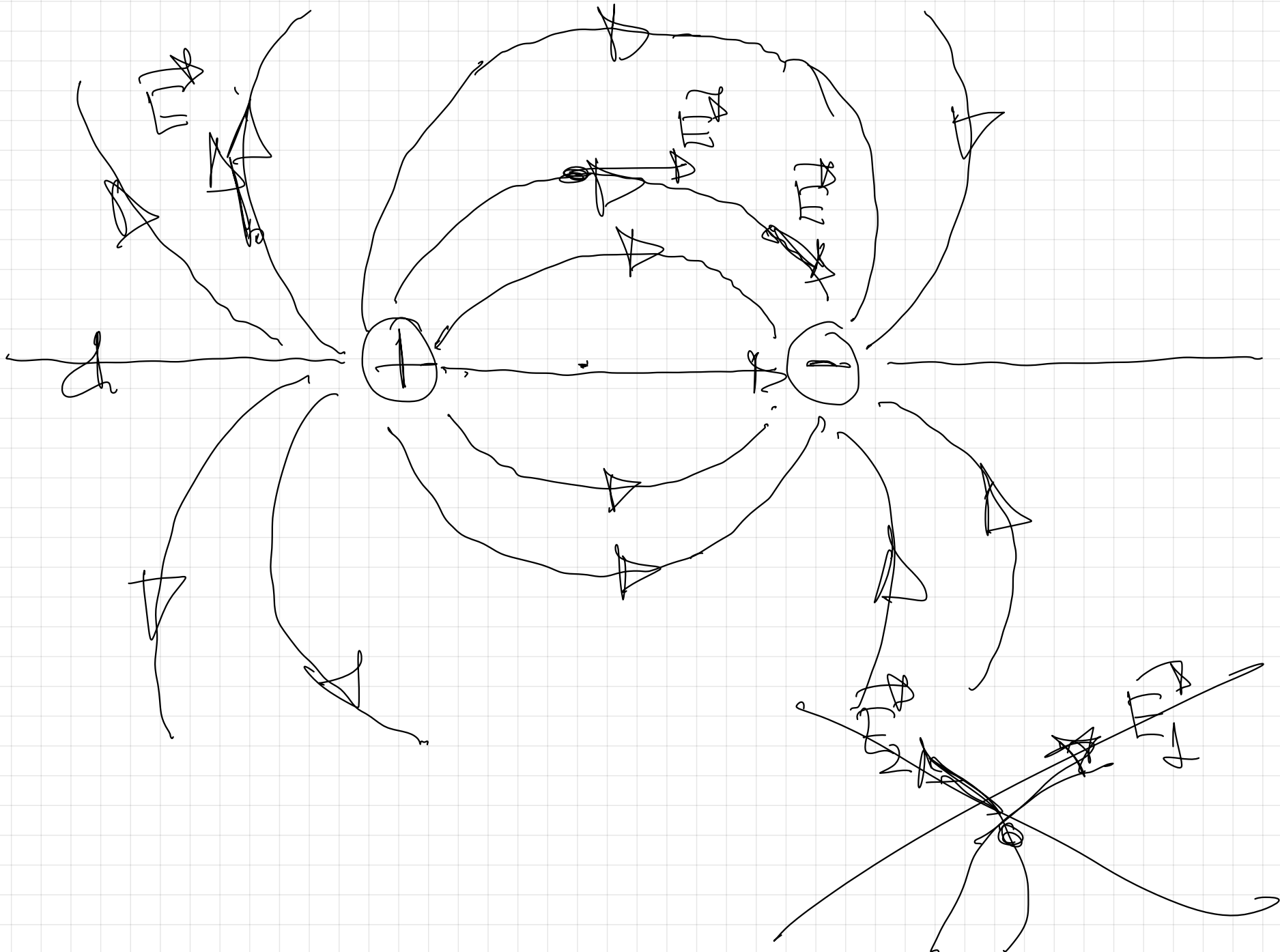
$$|\vec{F}| = 2.25 \cdot 10^{-2} - 9 \cdot 10^{-3}$$

$$|\vec{F}| = 1.35 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

pag 43.

5.- LÍNEAS DE CAMPO





E_p gravitatoria.

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

↓
Siempre es negativa

E_p eléctrica

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

↓
Puede ser positiva o negativa.

⇓
¡OJO! en las magnitudes
escalares del campo eléctrico

SEMPRE e sostituire la
carica per il suo segno

potencial gravitatorio

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

$\left(\frac{J}{kg} \right)$

$$E_p = m \cdot V$$

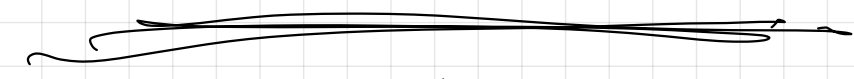
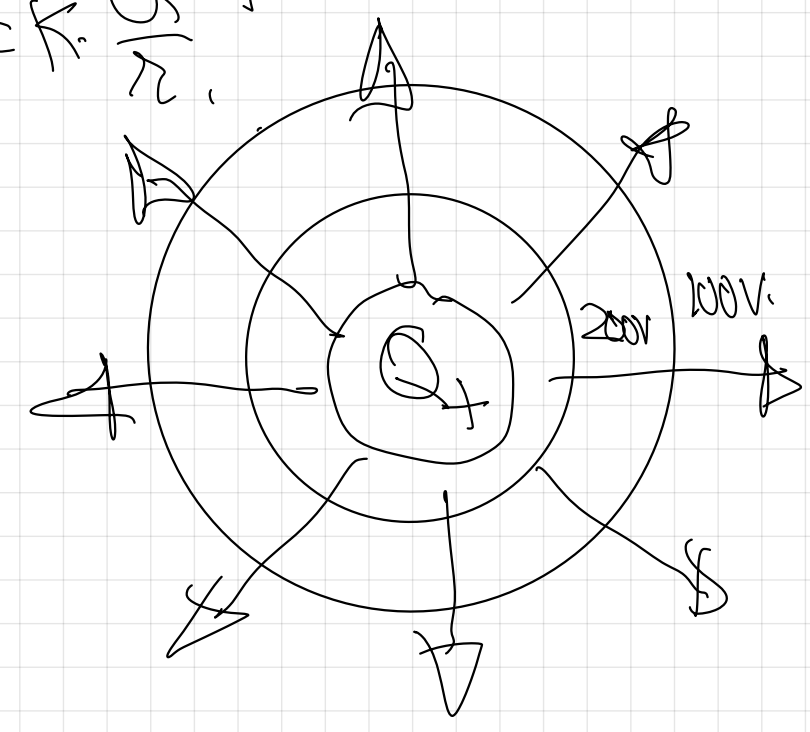
potencial eléctrico

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

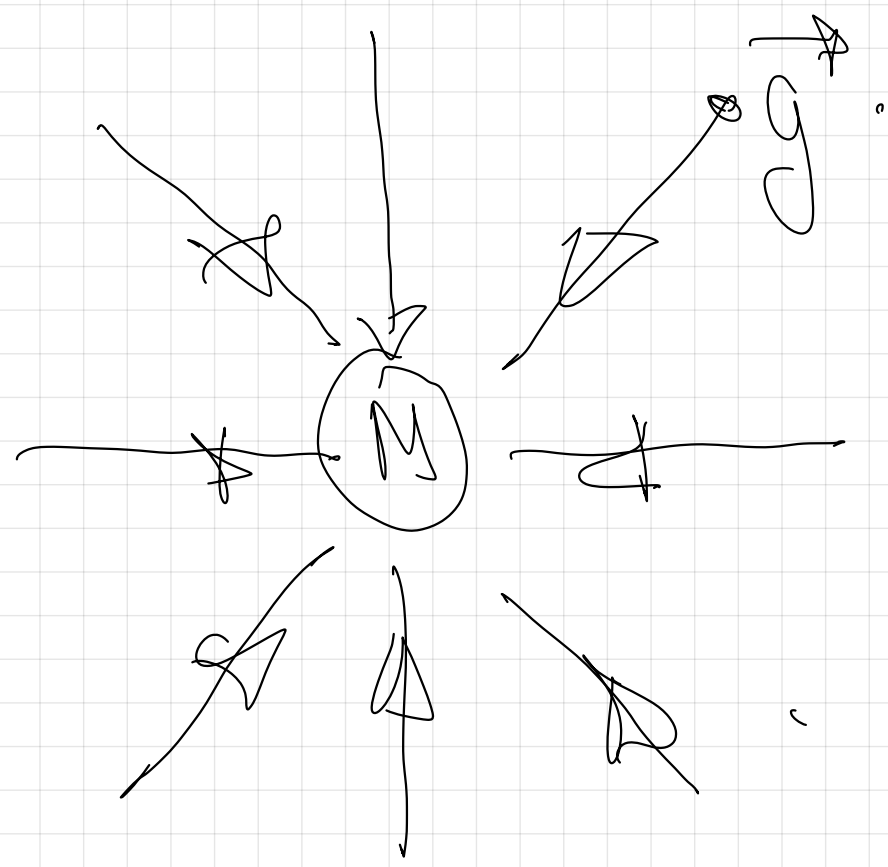
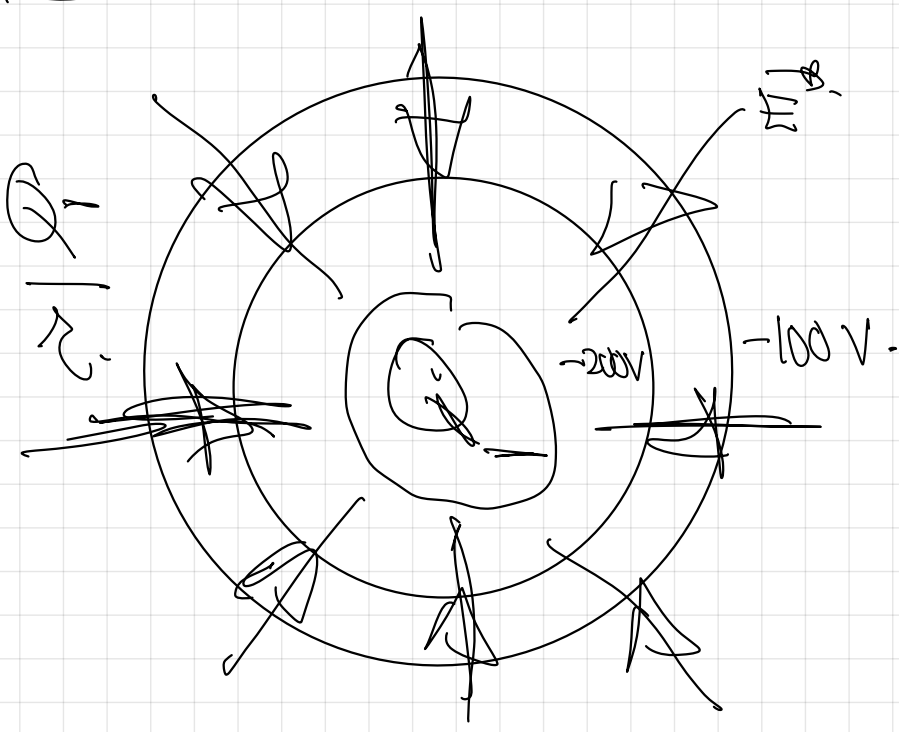
$\left(\frac{J}{C} = \text{Voltio} \right)$

$$E_p = q \cdot V$$

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



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



$$\Delta E_{\text{ph}} = \Delta E_{\text{el}}$$

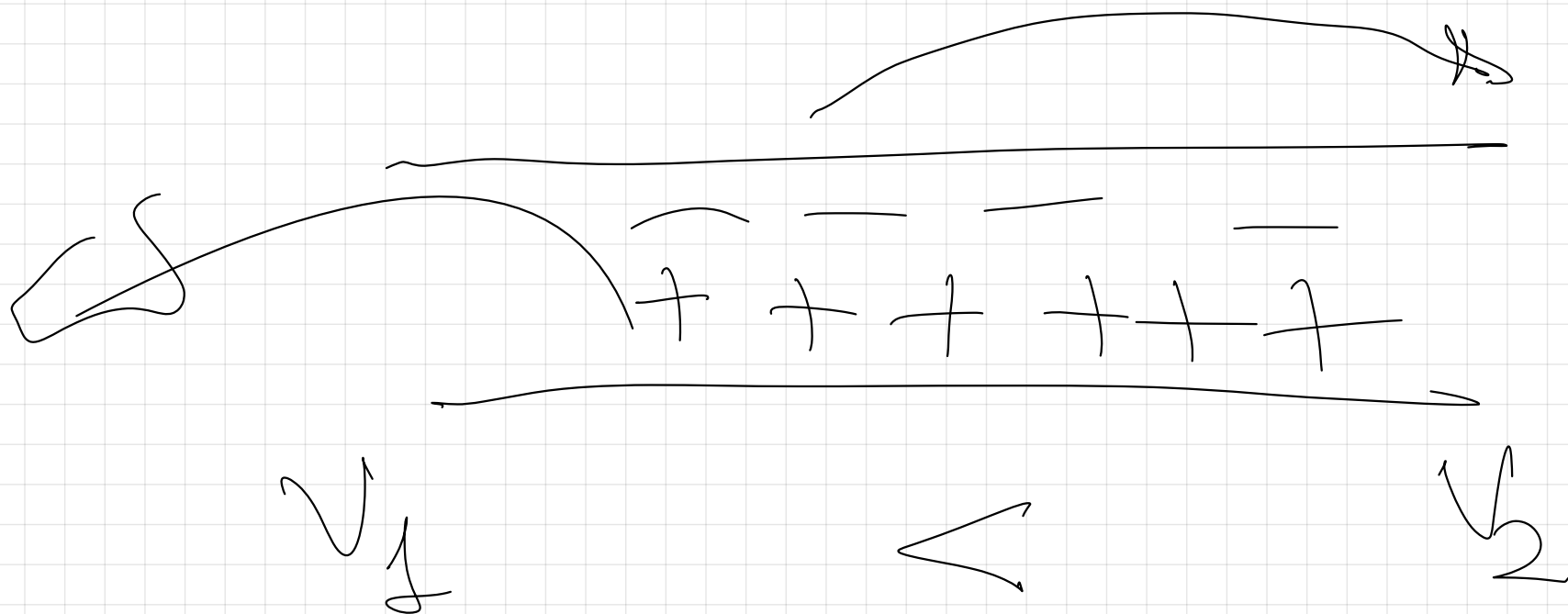
$$W = m \cdot (v_1 - v_2)$$

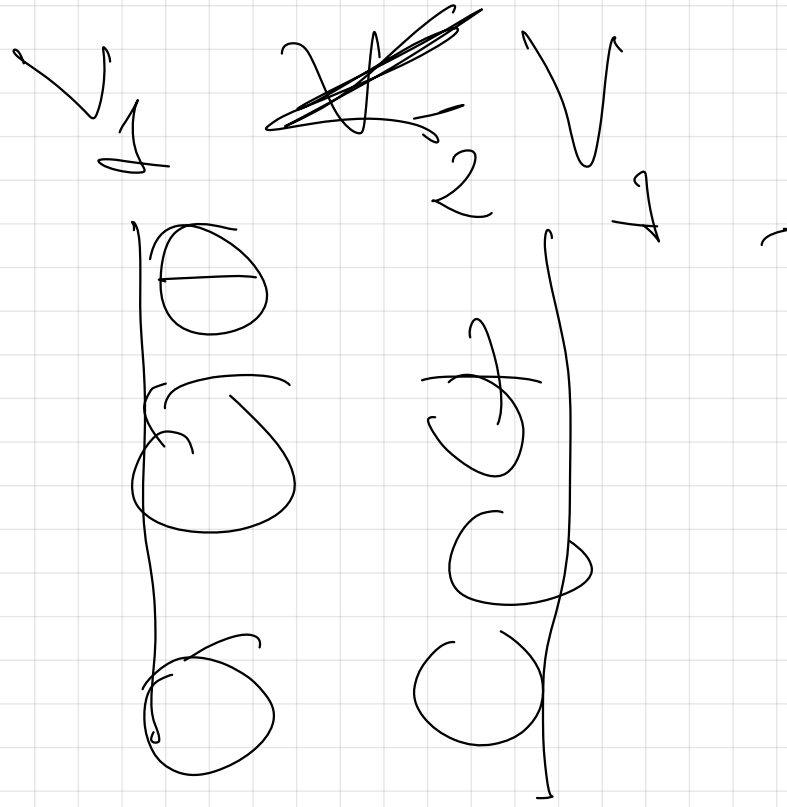
$$W = q \cdot (v_1 - v_2) > 0$$

$$\oplus \quad v_1 \oplus v_2$$

$$W = \mathcal{Q} (v_1 \sim v_2) \supset 0.$$

$$\ominus \quad v_1 < v_2.$$





$$W_{1 \rightarrow 2} = E_{p1} - E_{p2}$$

Sabiendo que $V = E_p/q \rightarrow E_p = q \cdot V$

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

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

Si sabemos que cuando $W_{1 \rightarrow 2} > 0$ (trabajo positivo), la fuerza eléctrica desplaza a la carga espontáneamente, estudiamos los tres siguientes casos:

- a) Cuando $W_{1 \rightarrow 2}$ es positivo, y si q es positiva, entonces $(V_1 - V_2) > 0$, para que se cumpla que $W_{1 \rightarrow 2} > 0$, y por lo tanto:

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

+ = + · +

$$V_1 - V_2 > 0$$

$$V_1 > V_2$$



Por ello decimos que una carga positiva se desplaza espontáneamente ($W_{1 \rightarrow 2} > 0$) en el sentido de los potenciales decrecientes (pasa de mayor a menor potencial)

- b) Cuando $W_{1 \rightarrow 2}$ es positivo, y si q es negativa, entonces $(V_1 - V_2) < 0$, para que se cumpla que $W_{1 \rightarrow 2} > 0$, y por lo tanto:

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

+ = - · -

$$V_1 - V_2 < 0$$

$$V_1 < V_2$$



Por ello decimos que una carga negativa se desplaza espontáneamente ($W_{1 \rightarrow 2} > 0$) en el sentido de los potenciales crecientes (pasa de menor a mayor potencial)

- c) En las superficies equipotenciales el trabajo es nulo al ser $V_1 = V_2$

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

Magnitudes escalares

F conservativa.

↙
Cada carga en su signo.

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

$$- (E_p - E_{pA}) = W_{A \rightarrow B}$$

$$E_p = q \cdot V.$$

$$W_{A \rightarrow B} = E_{pA} - E_{pB}$$

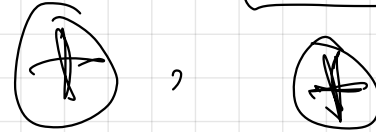
$$W_{A \rightarrow B} = q \cdot V_A - q \cdot V_B.$$

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

Desplazamiento espontáneo.

Si q


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



$$V_A > V_B$$

Las cargas positivas se desplazan
 en el orden de potenciales
 decrecientes -

(de mayor a menor) -

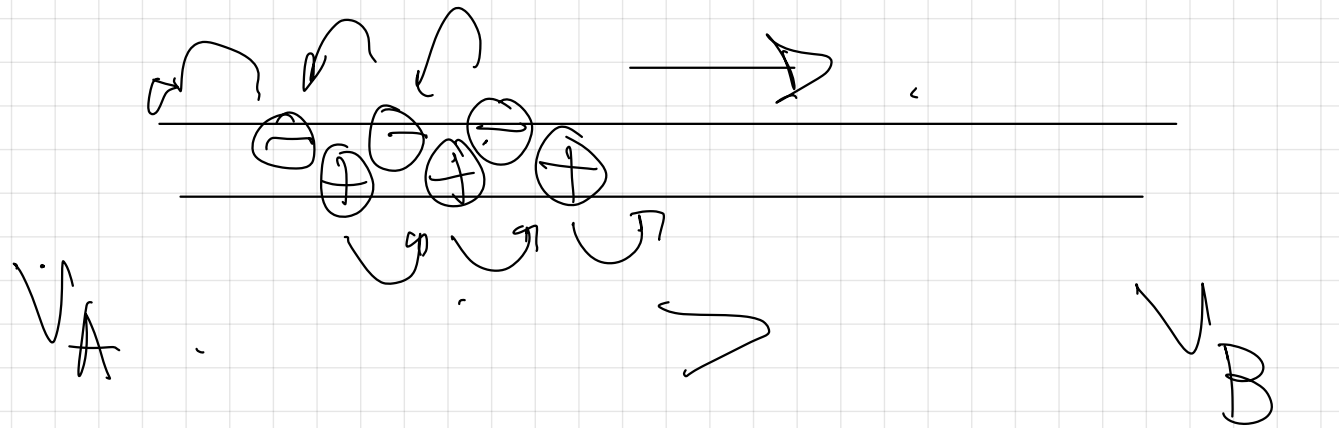
$\sum_i q_i$
①

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

$$\ominus \rightarrow \ominus$$

$$V_A < V_B$$

Las cargas negativas se
desplazan en el orden creciente
de potenciales
(de menor a mayor)



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

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

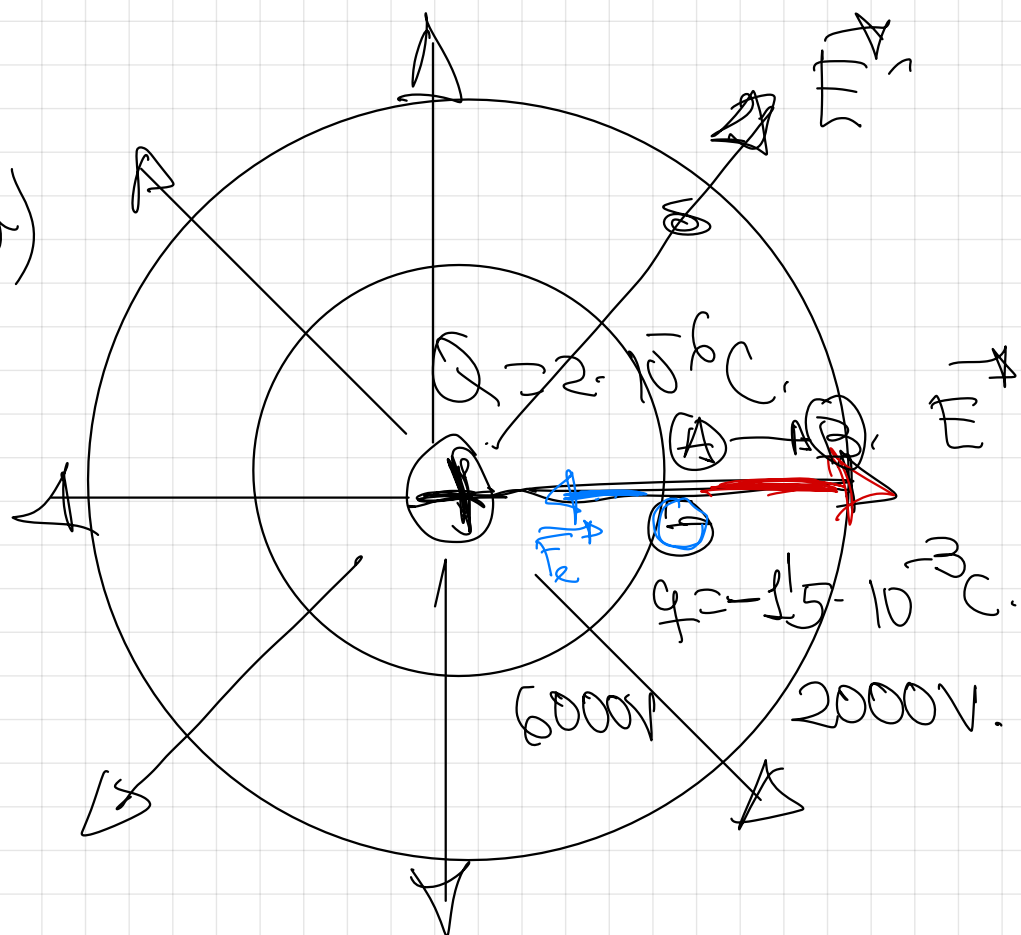
c) Calcular el trabajo que sería necesario para trasladar la carga del apartado anterior desde la superficie equipotencial de 2000 V hasta la superficie equipotencial de 6000 V.
Comentar el resultado.

d) Calcular la separación entre ambas superficies equipotenciales

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

11

Q) yb)



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

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

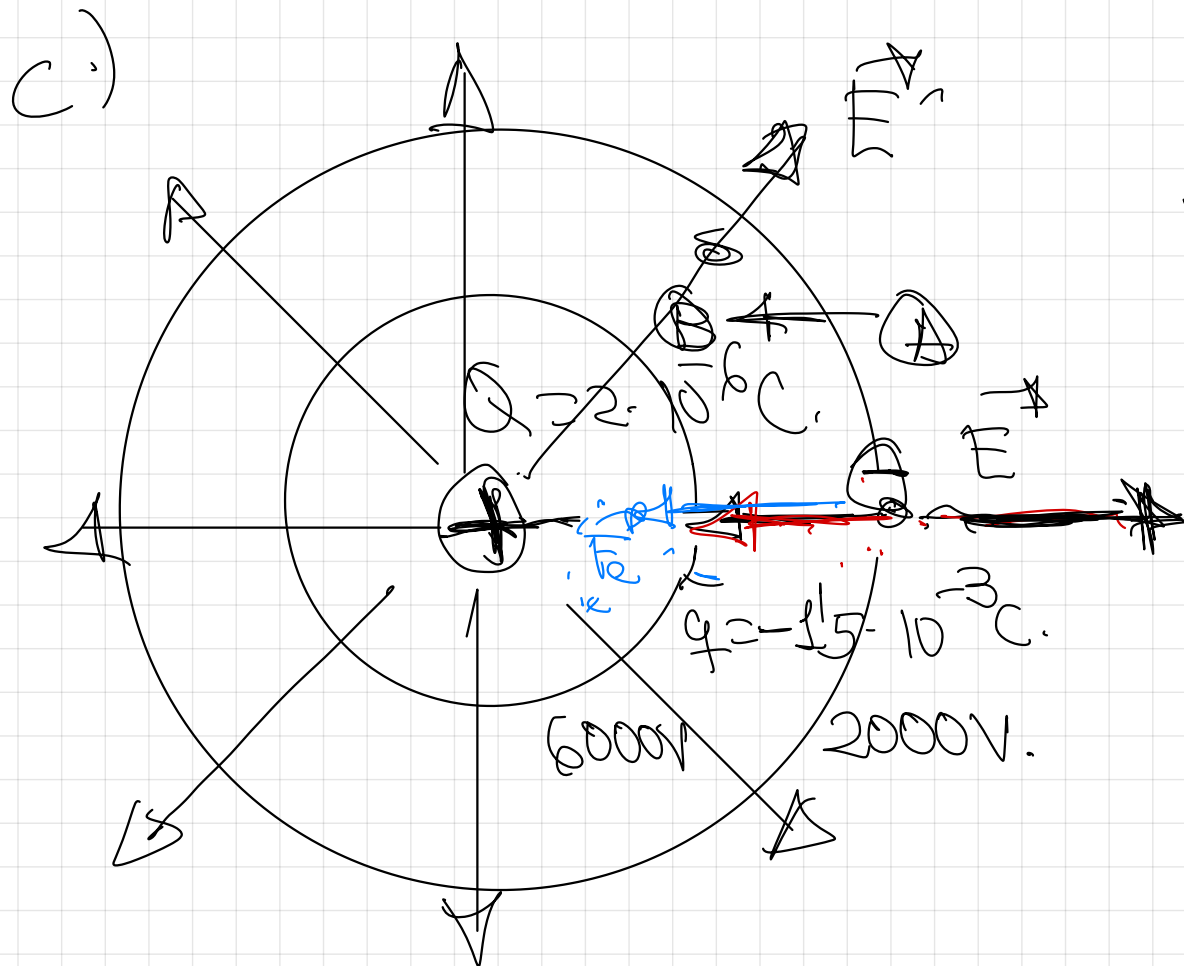
$$V = k \cdot \frac{Q}{r}$$

$$W_{AB} = q \cdot (V_A - V_B) < 0$$

① $V_A > V_B$

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

$$W_{A \rightarrow B} = -6 \text{ J}, < 0 \quad \text{No espontânea (ad to realize a f electric)}$$



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

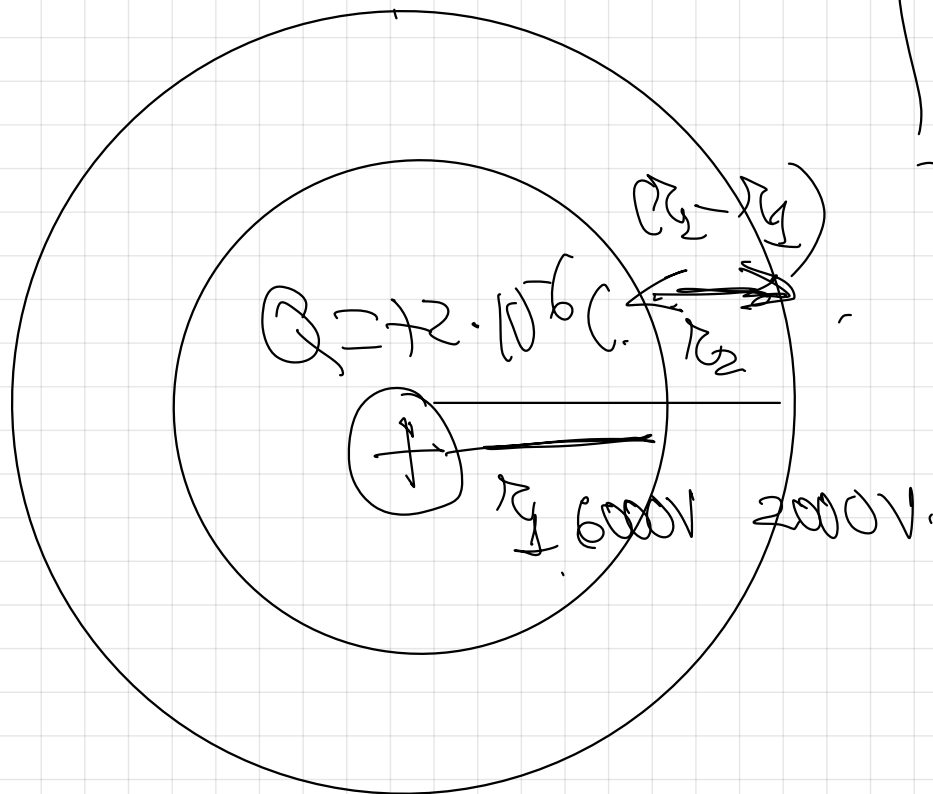
1.1

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

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

$$W_{A \rightarrow B} = 6J.$$

a)



$$\boxed{V = k \cdot \frac{Q}{r.}} \quad r = \frac{kQ}{V.}$$

$$r_2 = \frac{kQ}{V_1} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (+2 \cdot 10^{-6})}{+2000}$$

$$r_2 = 9m$$

$$r_1 = \frac{k \cdot Q}{V_2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (+2 \cdot 10^{-6})}{+6000}$$

$$r_2 = 3 \text{ m.}$$

Separation entre
rep. equíp.

$$r_2 - r_1 = 9 \text{ m} - 3 \text{ m} = 6 \text{ m.}$$

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

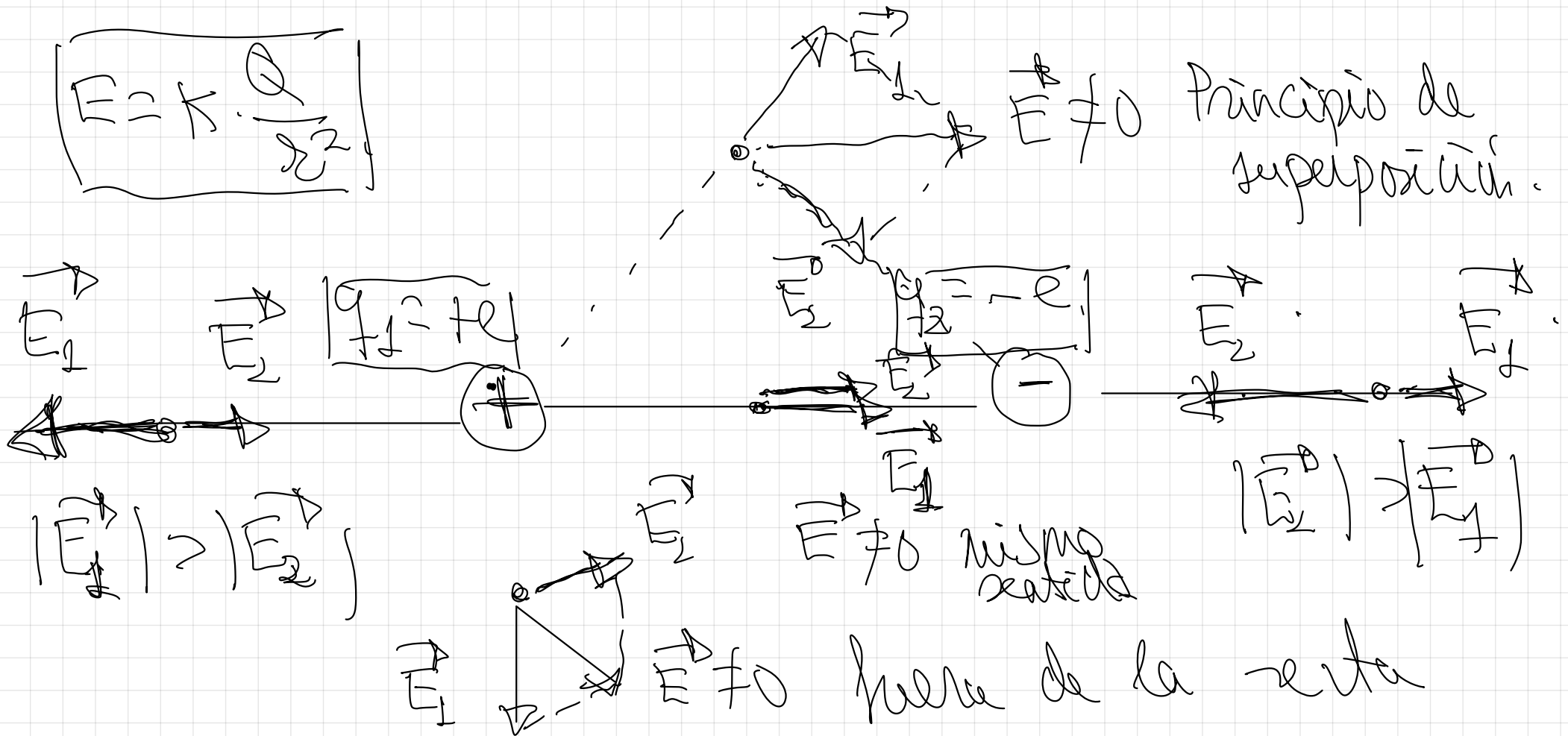
- La distancia del ión positivo a la que se anula el campo eléctrico.
- La distancia del ión positivo a la que se anula el potencial eléctrico a lo largo de la línea recta que une a los iones

c) La energía potencial eléctrica de los dos iones

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

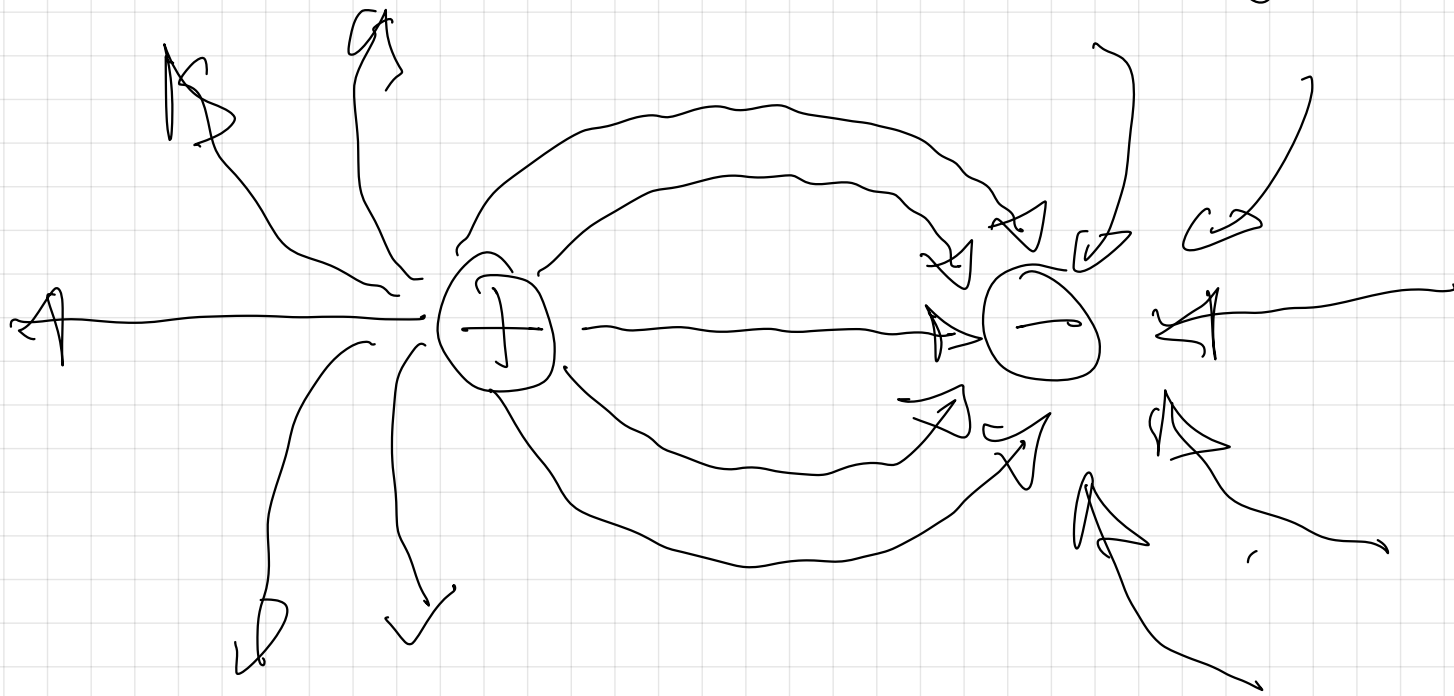
$$1\text{\AA} = 10^{-10} \text{ m}$$

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

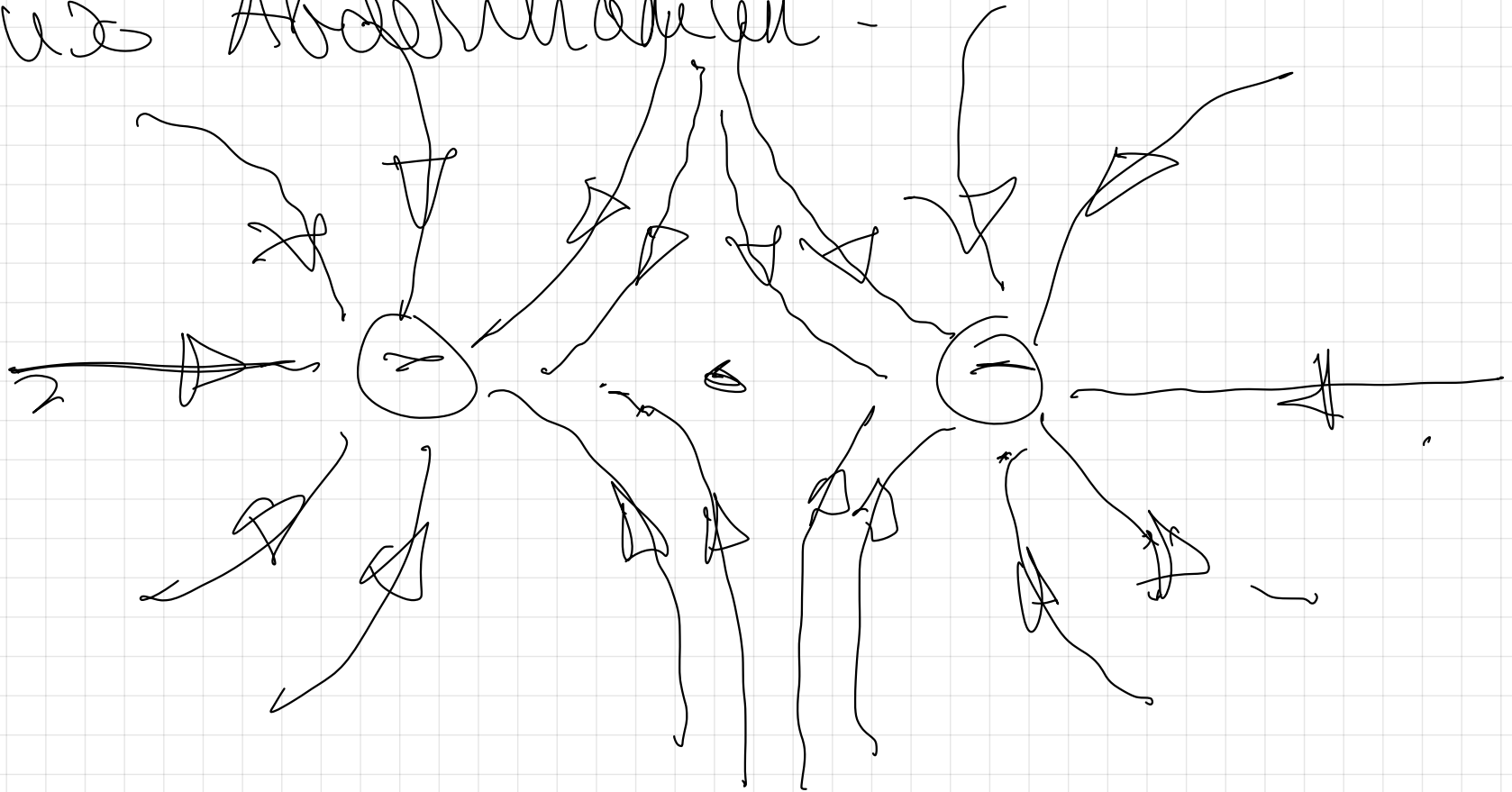


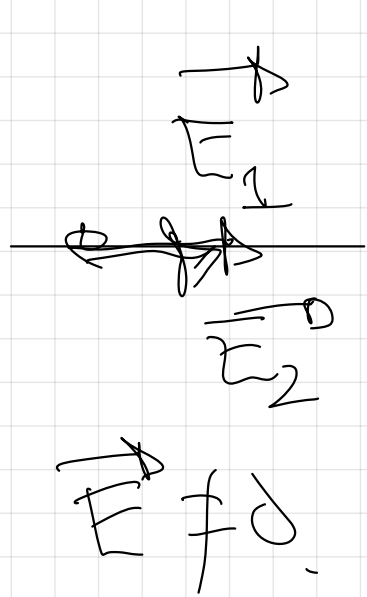
no tienen la misma
dirección.

Exceptuando el ∞ , donde por definición $E=0$,
el campo $\vec{E}$ no es nulo en ningún
punto que rodea a las cargas.



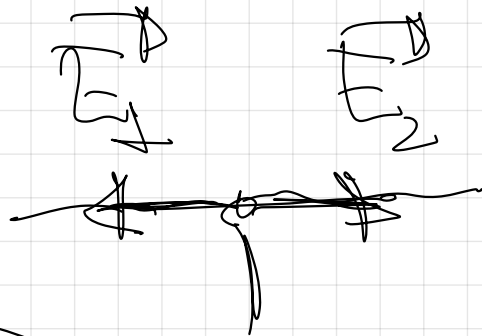
Iniz Abdomen -





misal partikel

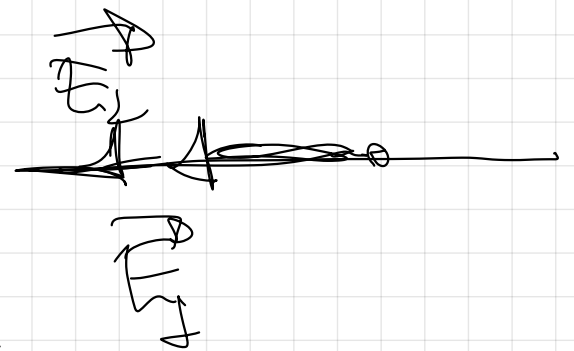
g_1



$$|E_1| = |E_2|$$

$$E = 0$$

g_2



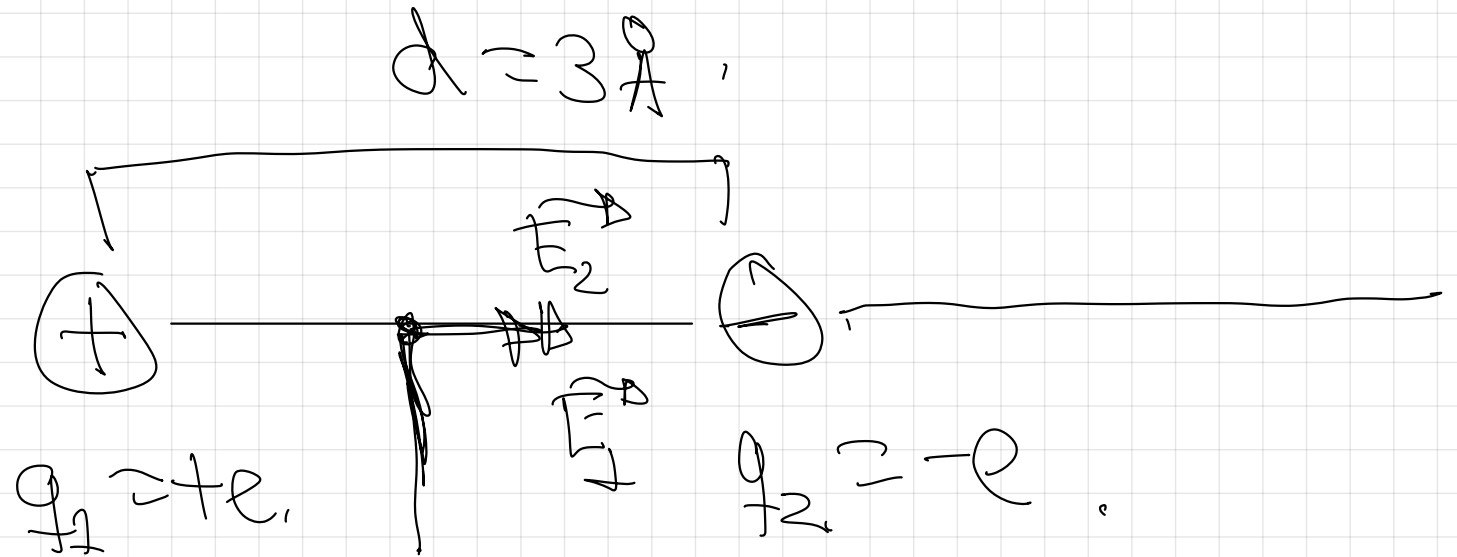
$$E \neq 0$$



$$E \neq 0$$



b)



$$V = V_1 + V_2$$

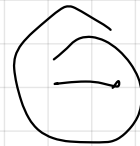
Princípio de
superposição

$$V = k \cdot \frac{+e}{d/2} + k \cdot \frac{-e}{d/2} \Rightarrow \boxed{0}$$

El potencial (magnitud
escalar) es nulo en el punto

medio (a $15 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ de
cada carga)

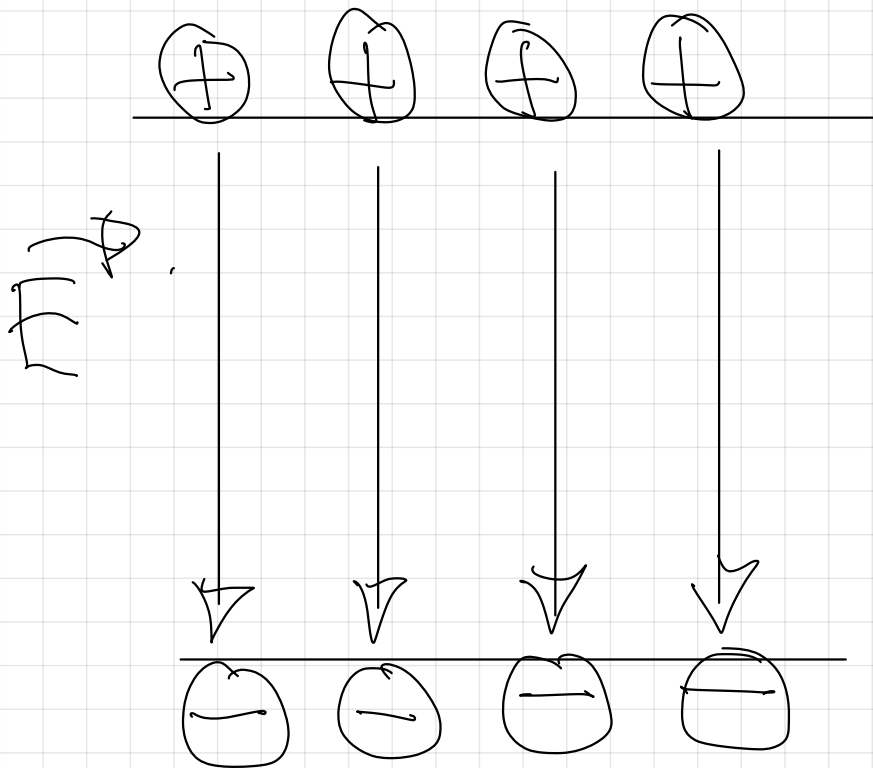
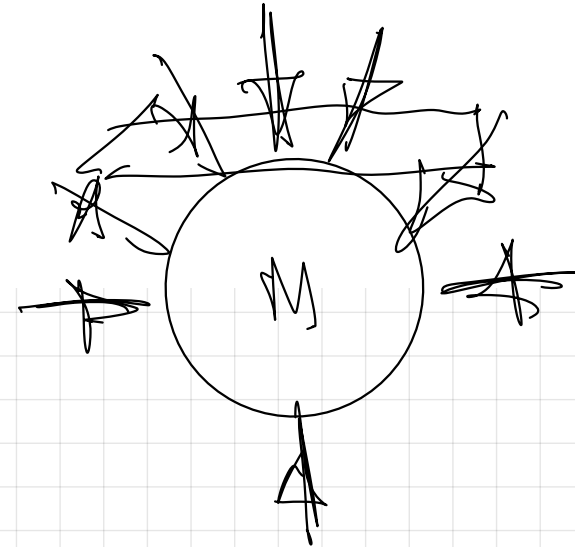
C) E_p eléctrica es escalar, cada carga
con su signo



$$E_p = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{+16 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot (-16 \cdot 10^{-19} \text{ C})}{3 \cdot 10^{-10} \text{ m}}$$
$$\underline{E_p = -768 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$$

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

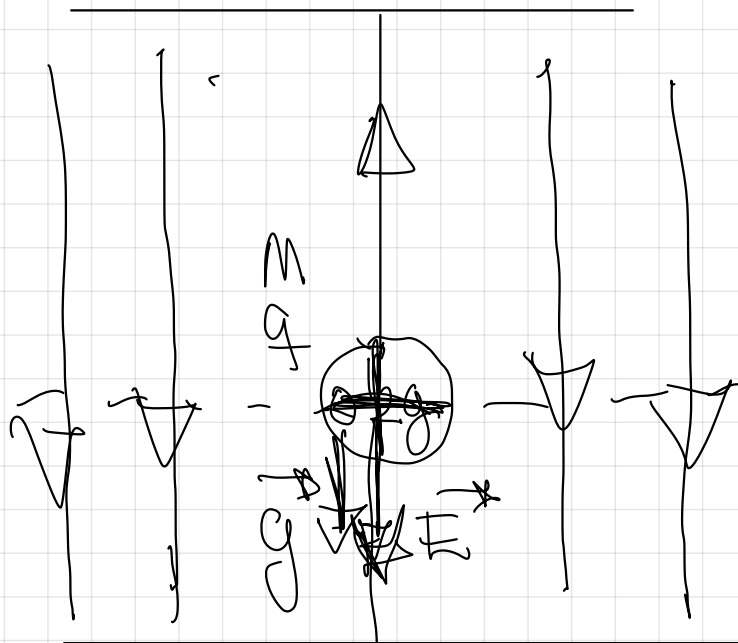


Campo eléctrico uniforme:
líneas de campo paralelas

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

a)



→
- REPOS.

$$m = 0.2 \text{ g} = 0.2 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

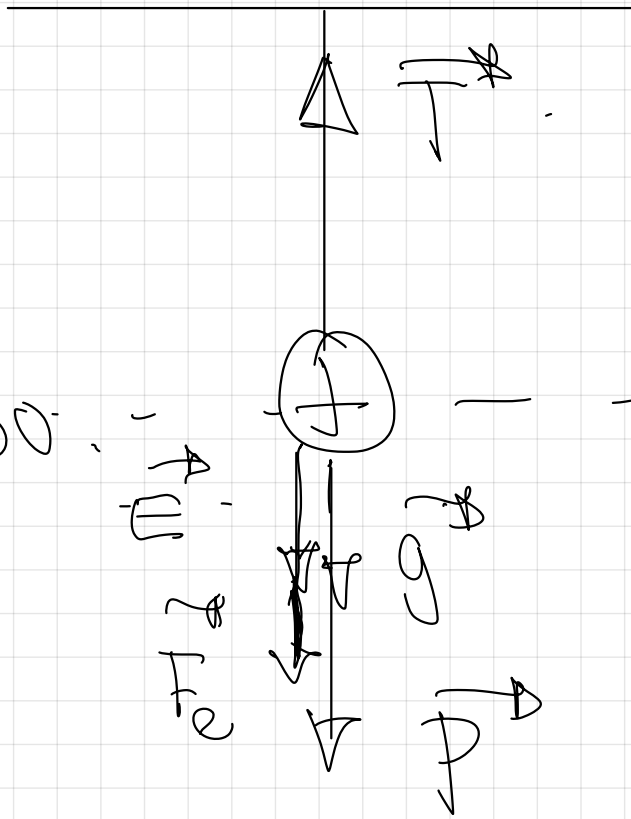
$$P = m \cdot g = 0.2 \cdot 10^{-3} \cdot 10$$

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

$$|F_e| = |q| \cdot |E| = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 200$$

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

REPOSO.

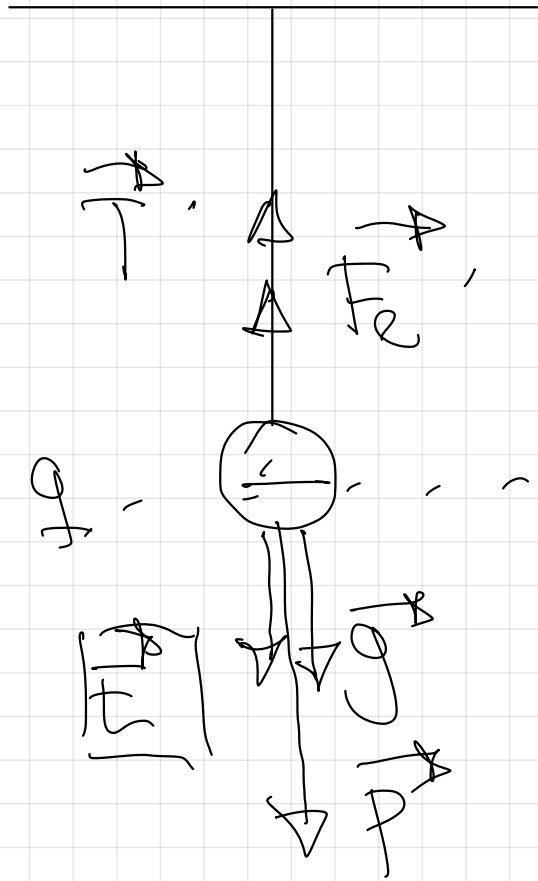


$$|\vec{F}_T| = |\vec{P}| + |\vec{F}_e|$$

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

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

b)



REPULO,

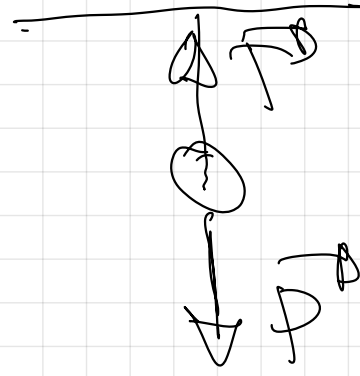
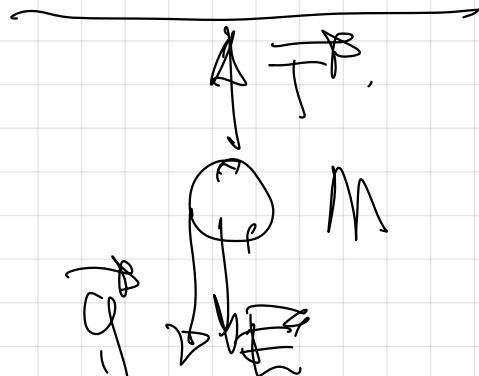
$$|\vec{T}| + |\vec{F}_e| = |\vec{D}|$$

$$|\vec{T}| = |\vec{D}| - |\vec{F}_e|$$

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

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

c)



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

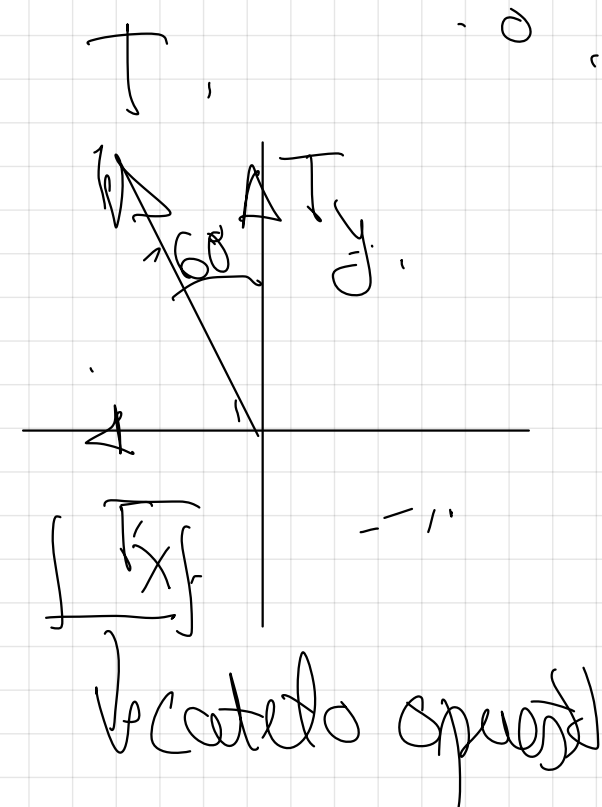
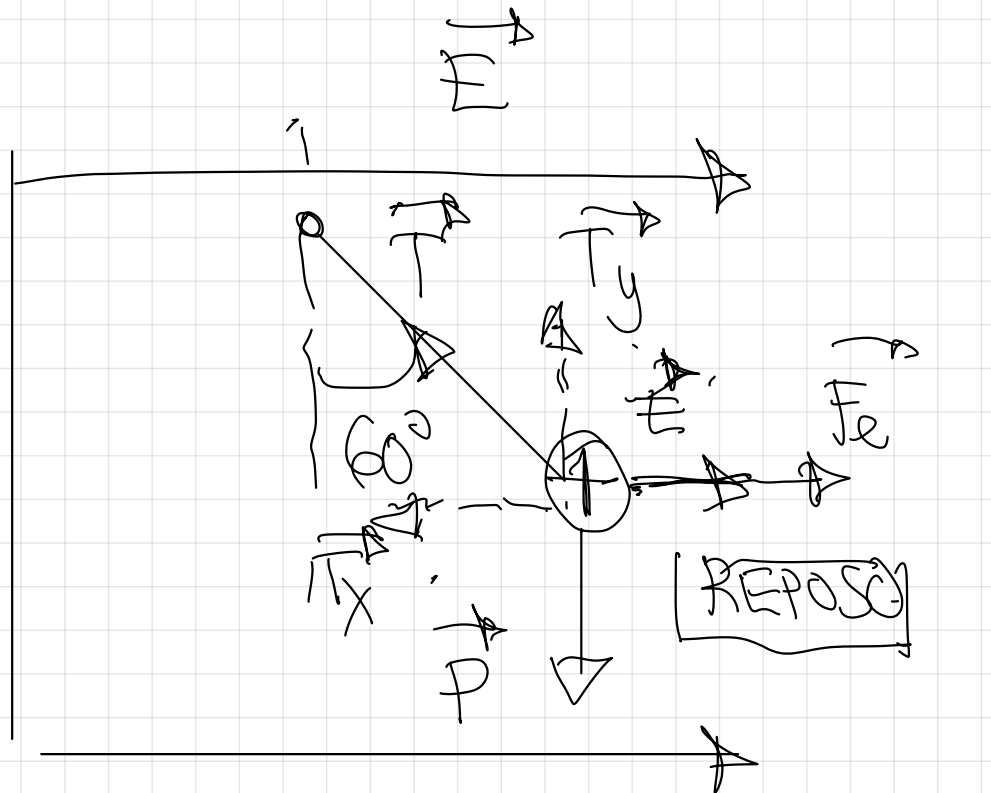
$$T = 2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$\vec{F} = 2 \cdot 10^3 \vec{F} (N)$$

40 - Una bolita de 1 g , cargada con $+5 \cdot 10^{-6}\text{ C}$, 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. $g=10\text{ ms}^{-2}$



$$\begin{aligned}
 |\vec{T}_x| &= |\vec{F}_e| \Rightarrow T \cdot \sin 60^\circ = \cancel{g \cdot E} \\
 |\vec{T}_y| &= |\vec{P}| \Rightarrow T \cdot \cos 60^\circ = m \cdot g
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} |\vec{T}_x| &= |\vec{F}_e| \\ |\vec{T}_y| &= |\vec{P}| \end{aligned}} \right\}
 \begin{aligned}
 \sin 60^\circ &= \frac{T_x}{T} \\
 \cos 60^\circ &= \frac{T_y}{T}
 \end{aligned}$$

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

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

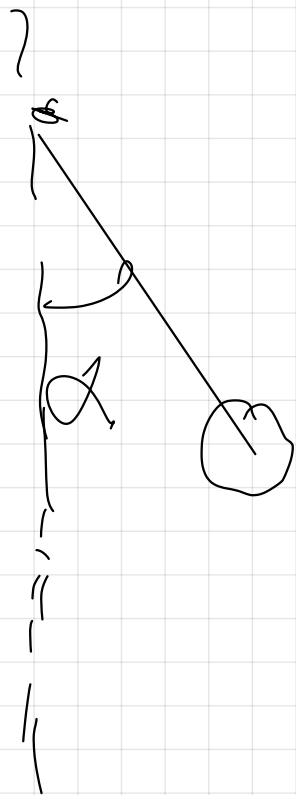
$$m \cdot g \cdot \tan 60^\circ = q \cdot E$$

$$\Rightarrow \frac{m \cdot g \cdot \tan 60^\circ}{q} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 10 \cdot \tan 60^\circ}{5 \cdot 10^{-6} \text{ C}}$$

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

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

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



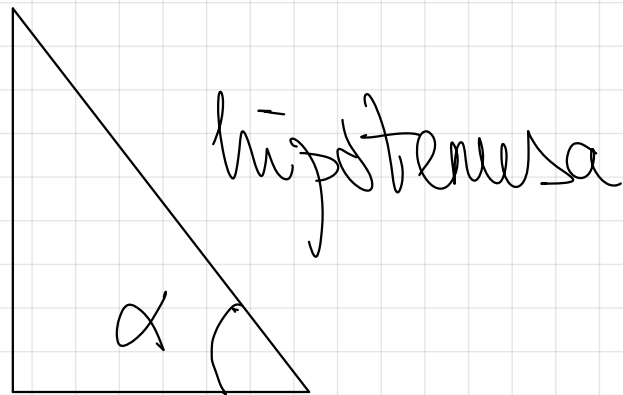
$$\overset{\uparrow}{\text{tg}} \overset{\uparrow}{\alpha} = \frac{\overset{\uparrow}{q \cdot E}}{\overset{\uparrow}{m \cdot g}},$$

$$\overset{\uparrow}{\text{tg}} \alpha \Rightarrow \alpha \overset{\uparrow}{},$$

$$\downarrow \text{tg} \alpha = \alpha \downarrow.$$

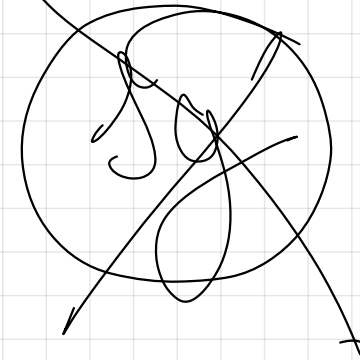
$$\boxed{\downarrow \text{tg} \alpha = \frac{q \cdot E}{m \cdot g} \uparrow}$$

cateto
opuesto.



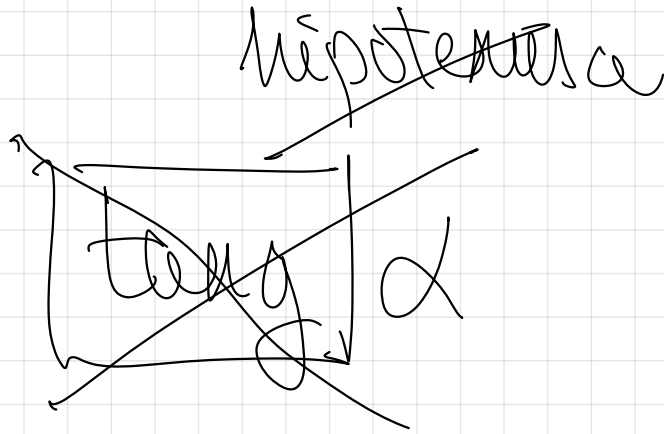
cateto contiguo.

segundo $\Rightarrow$ 1.



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{sen} \alpha}{\operatorname{cos} \alpha} = \frac{\frac{\text{cateto opuesto}}{\text{hipotenusa}}}{\frac{\text{cateto contiguo}}{\text{hipotenusa}}} = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto contiguo}}$$

$\operatorname{tg} \alpha \rightarrow$
 $\tan \alpha \rightarrow$



~~$\tan \alpha$~~

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

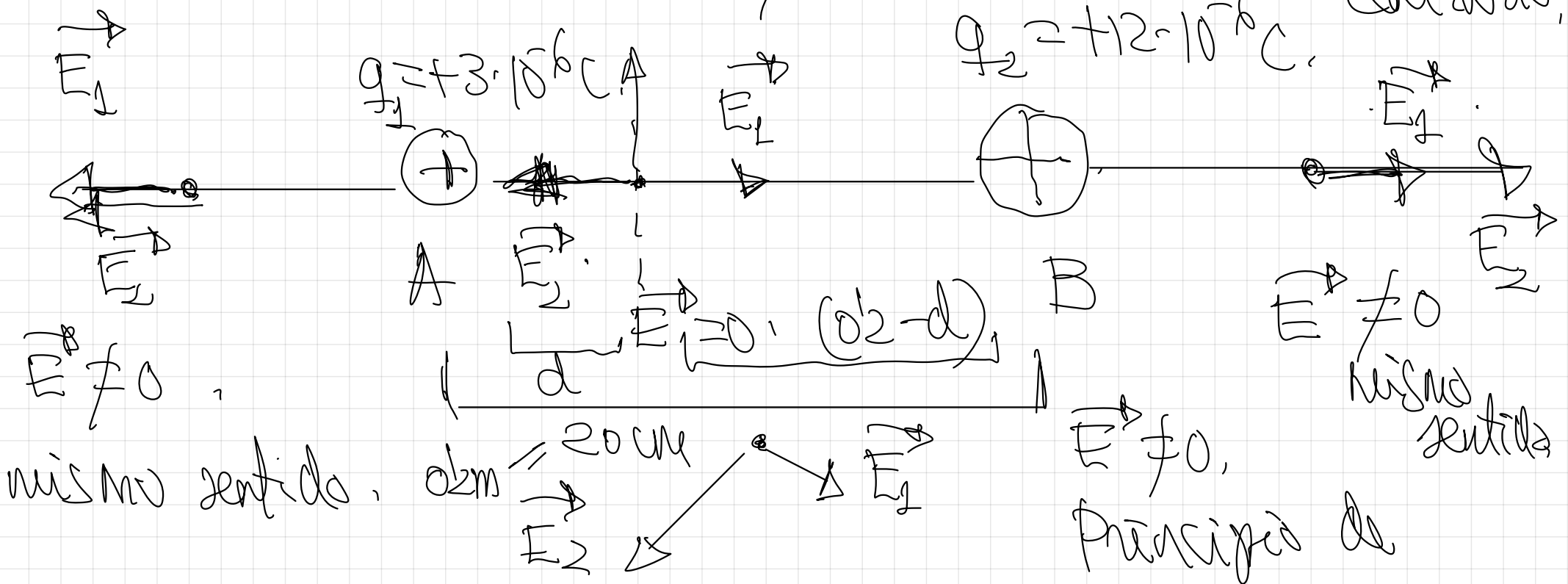
$$K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$$

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

mismo módulo, misma dirección, sentido contrario.

$$q_1 = +3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_2 = +12 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$



superposición
(distinta dirección)

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

$$\cancel{\star} \cdot \frac{|q_1|}{d^2} = -\cancel{\star} \cdot \frac{|q_2|}{(d'_2 - d)^2}$$

$$\frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{d^2}{(d'_2 - d)^2}$$

$$\sqrt{\frac{q_1}{q_2}} = \frac{d}{(d'_2 - d)} \Rightarrow d = d'_2 n \text{ de } A.$$

$|E_1 - E_2|$ para ver en posición de la que es menor.

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

$$K \cdot \frac{q_1}{r^2} = K \cdot \frac{q_2}{(0.2-r)^2}$$

$$\frac{3 \cdot 10^{-6}}{r^2} = \frac{12 \cdot 10^{-6}}{(0.2-r)^2} \Rightarrow [0.04 - 0.4r + r^2] \cdot 3 \cdot 10^{-7} = 12 \cdot 10^{-6} r^2$$

$$9 \cdot 10^{-7} r^2 + 1.2 \cdot 10^{-6} r - 1.2 \cdot 10^{-7} = 0 \Rightarrow \text{Ecuación de segundo grado}$$

$$r = \frac{-1.2 \cdot 10^{-6} \pm \sqrt{(1.2 \cdot 10^{-6})^2 + 4 \cdot 9 \cdot 10^{-7} \cdot 1.2 \cdot 10^{-7}}}{2 \cdot 9 \cdot 10^{-7}} = \boxed{0.06 \text{ m}} \rightarrow \text{Solución válida, a } r = 0.06 \text{ m de distancia de la carga } q_1.$$



El potencial nunca sería nulo puesto que en cualquier punto $V = V_1 + V_2$ es la suma de dos potenciales positivos creados por dos cargas $+$.
 En el caso de encontrar los puntos en los que el potencial es nulo...

b)



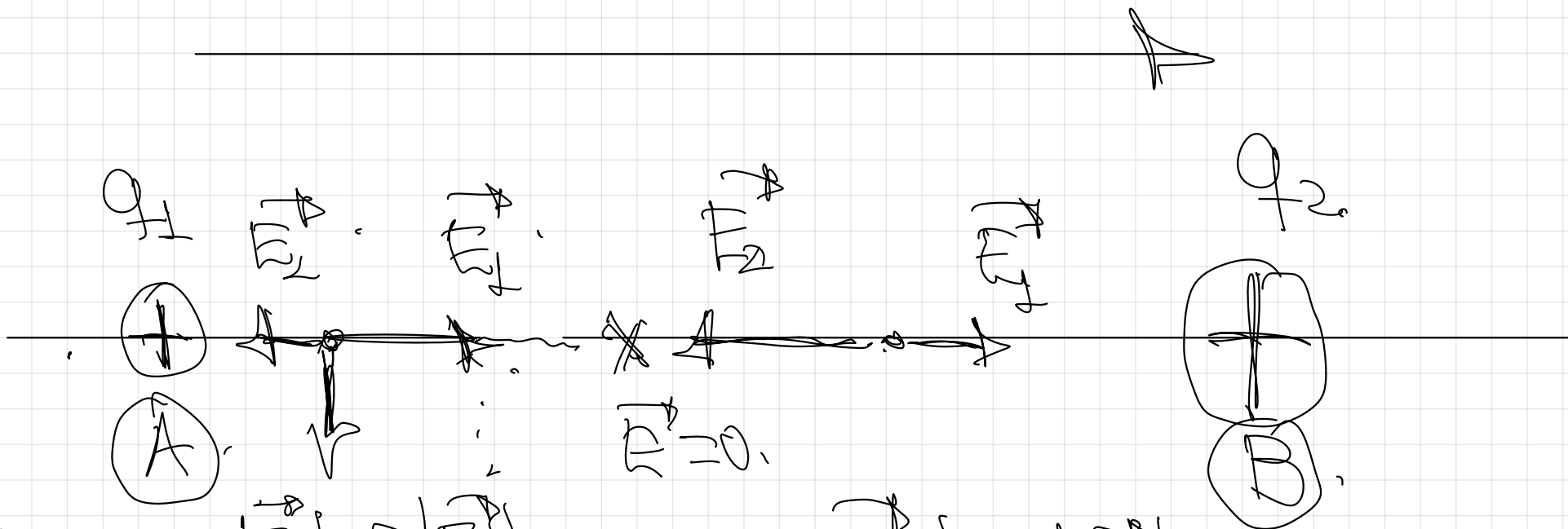
Principio de superposición -
Potencial $\Rightarrow$ Magnitud escalar.

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

The equation shows the superposition of potentials. Above q_1 and q_2 in the original image are arrows pointing to circles with crosses, representing the charges.

Salvo en el x , no se anula.

c)



$$E = \frac{1}{r^2}$$

$$|E| > |E|$$

$$|E| > |E|$$

$$|E| = |E| - |E|$$

$$|E| = |E| - |E|$$

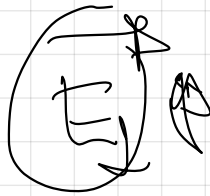
$|E|$ hasta kerece 0. $|E|$ p hasta kerece

máximo,

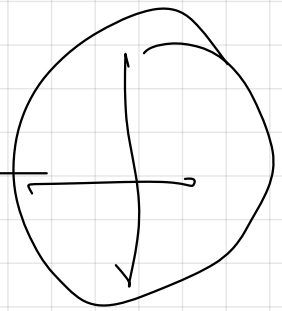
$$E = k \frac{Q}{r^2}$$



Q_1



Q_2

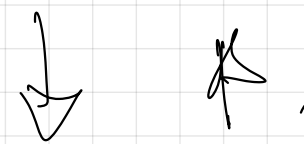


A.

B

$$|E| = |E_1| - |E_2|$$

$$|E| = |E_2| - |E_1|$$



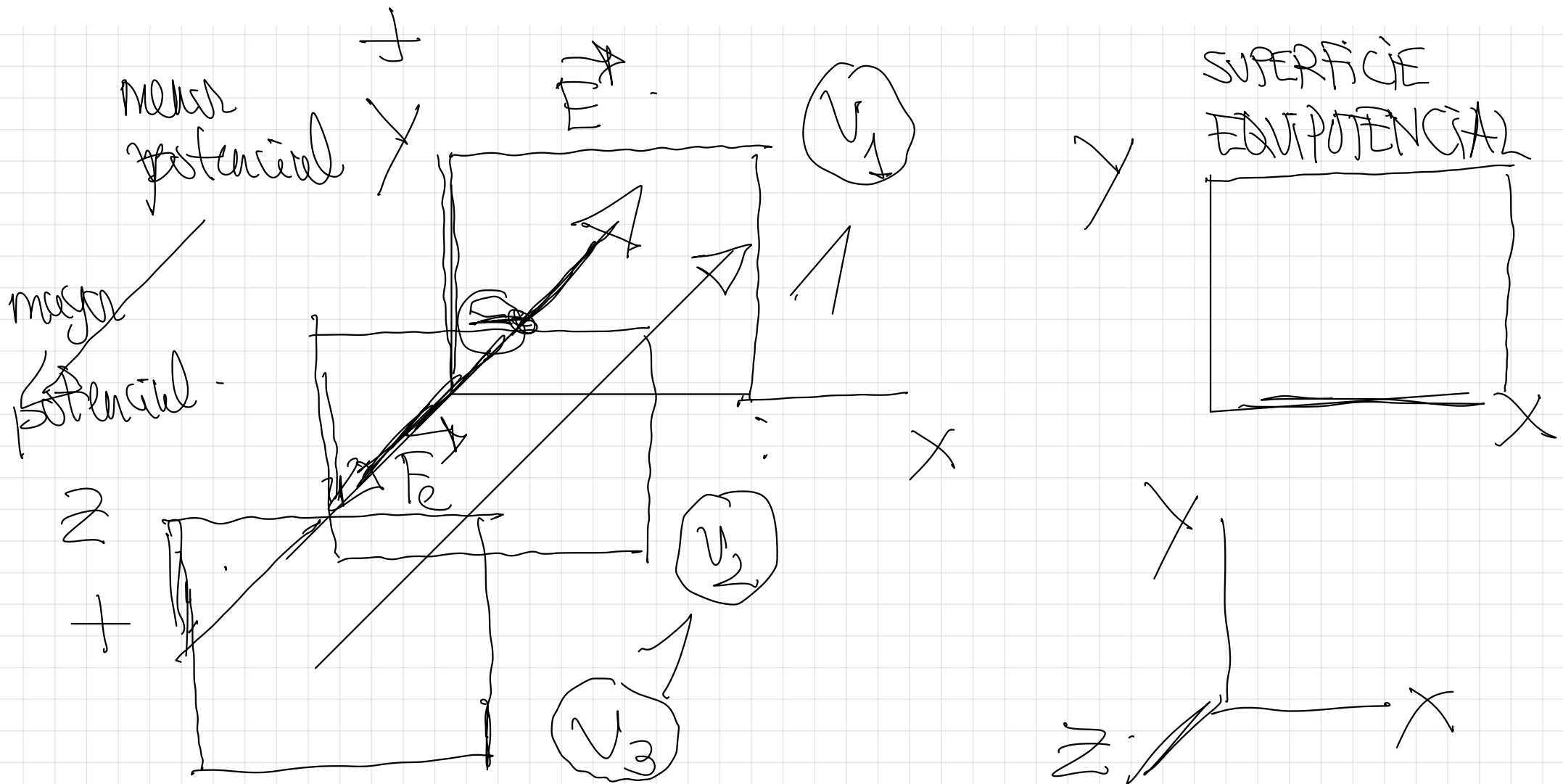
E aumenta

E diminuieste hasta hacerse nulo.

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?



Sentido de las líneas de campo.
Hipotética carga positiva.

$$W = q \cdot (V_A - V_B) > 0 \Rightarrow \text{Espontáneo.}$$



$$V_A > V_B$$

Orden de los potenciales
decrecientes.

$$V = q \cdot (V_A - V_B) > 0. \text{ Continued.}$$

$$\oplus \rightarrow \ominus$$

$$V_A < V_B$$

Orden creciente.

b) + Zi

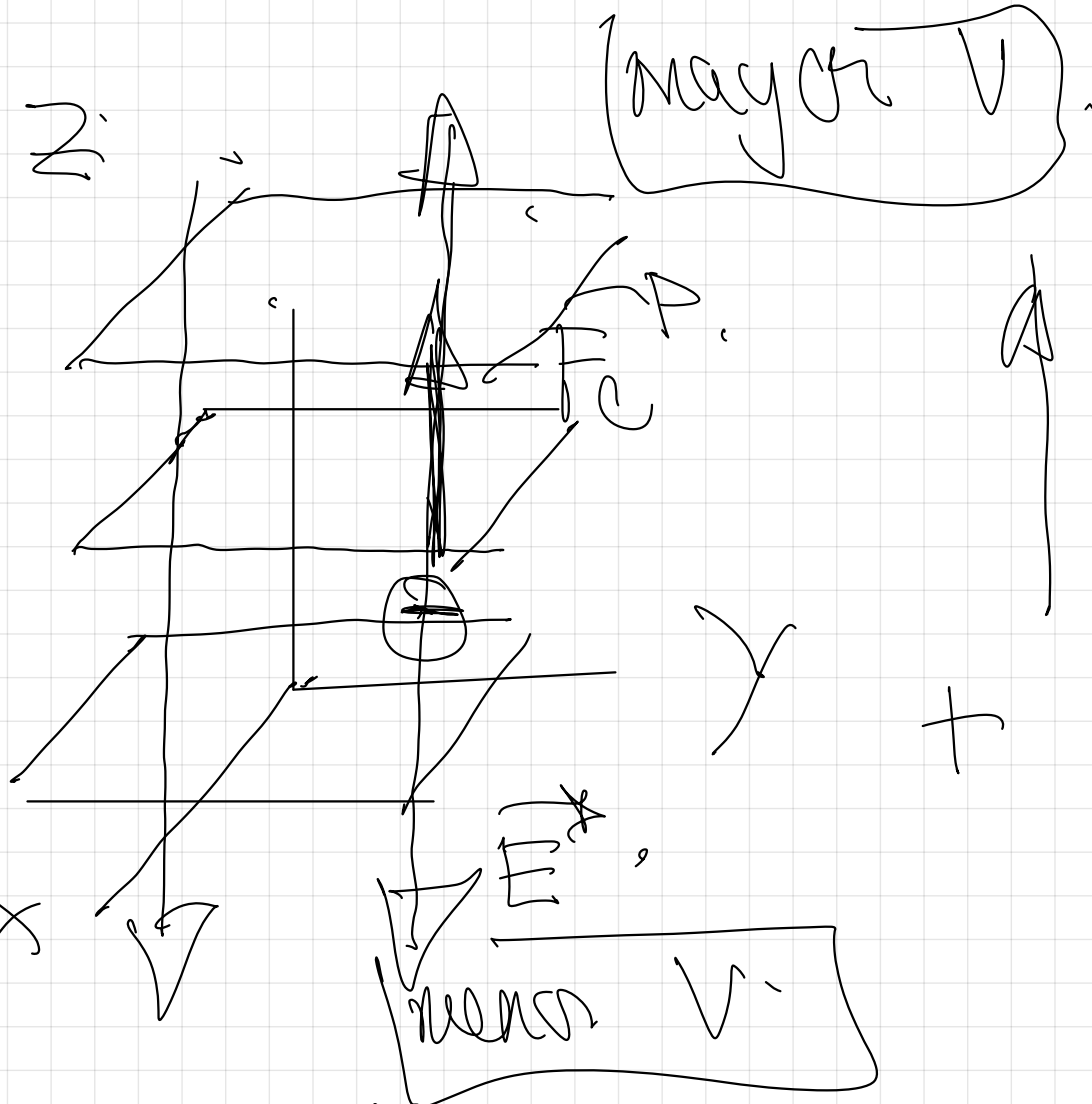
V_3

V_2

V_1

+

X



orden
crescente
de potencial

+

→ linhas de campo,

$$V_{A-B} = \int_{+}^{+} \dots$$

$$(V_A - V_B)$$

$$> 0.$$

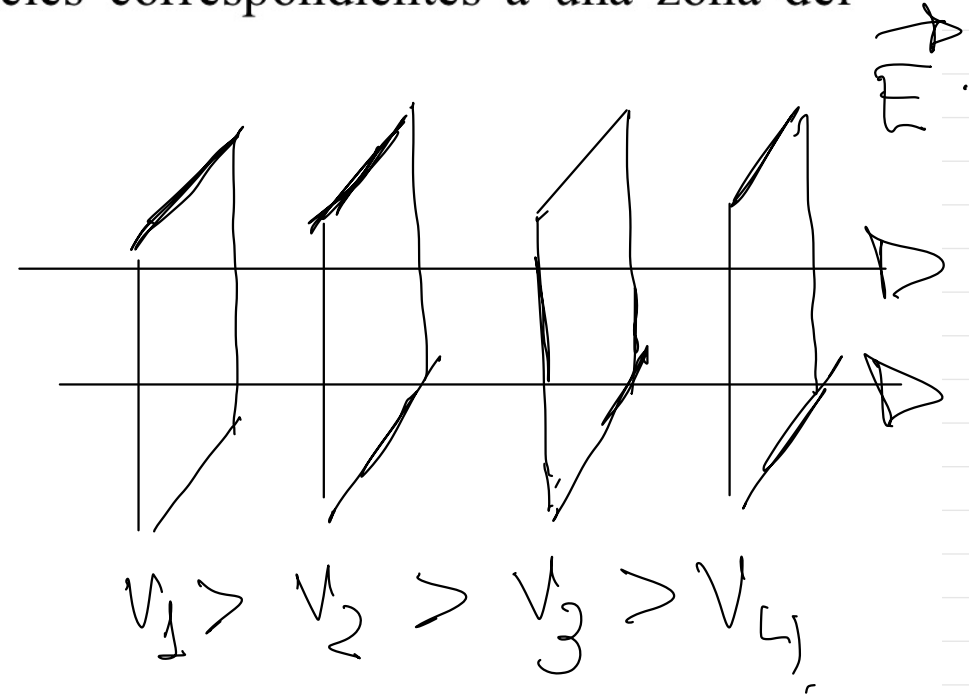
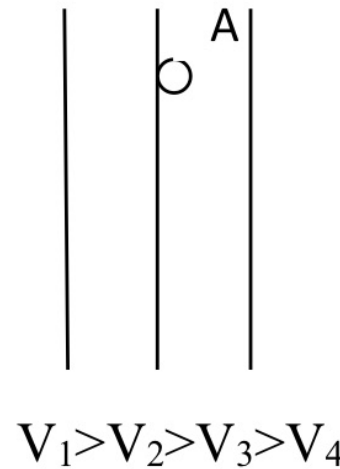
$$V_A > V_B$$

Orden decreciente-
Carga $\oplus$.

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

$\ominus$ $\ominus$ $\Rightarrow$ Se traslada en
orden creciente
de potenciales
 $V_A < V_B$

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

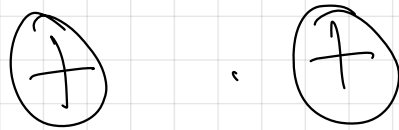


- ¿Qué dirección y sentido tendrán las líneas de campo?
- Si en el instante de tiempo $t=0$ situamos un electrón en el punto A y desde el reposo se deja en libertad, ¿Cuáles serán la dirección y el sentido de la trayectoria inicial del mismo?
- Una carga eléctrica, ¿se moverá siempre a lo largo de una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

a) Sentido de las líneas de campo: hipotéticas
frayectmias que seguiría una carga q

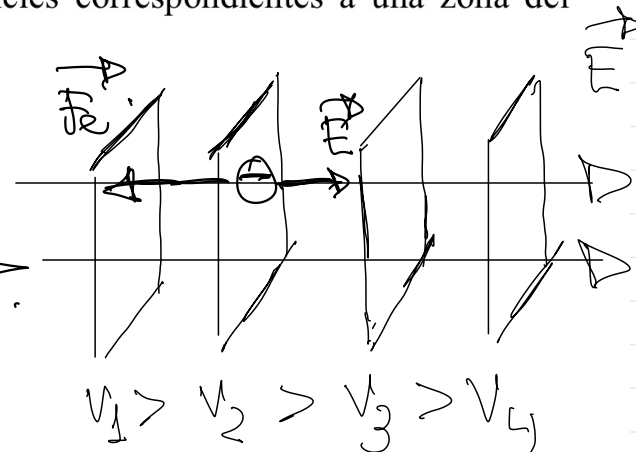
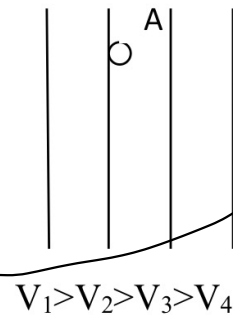
positiva abandonada en reposo en su interior.

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



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

b)



- ¿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.

b) El electron se moveria en el orden de potenciales crecientes.

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

$\oplus$.

$\ominus$

$$V_A < V_B.$$

c) Si abandonamos esa carga en reposo dentro del campo si (en el mismo sentido o en sentido contrario), en caso contrario no podemos asegurarlo.

- 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!, estudio ambos casos.

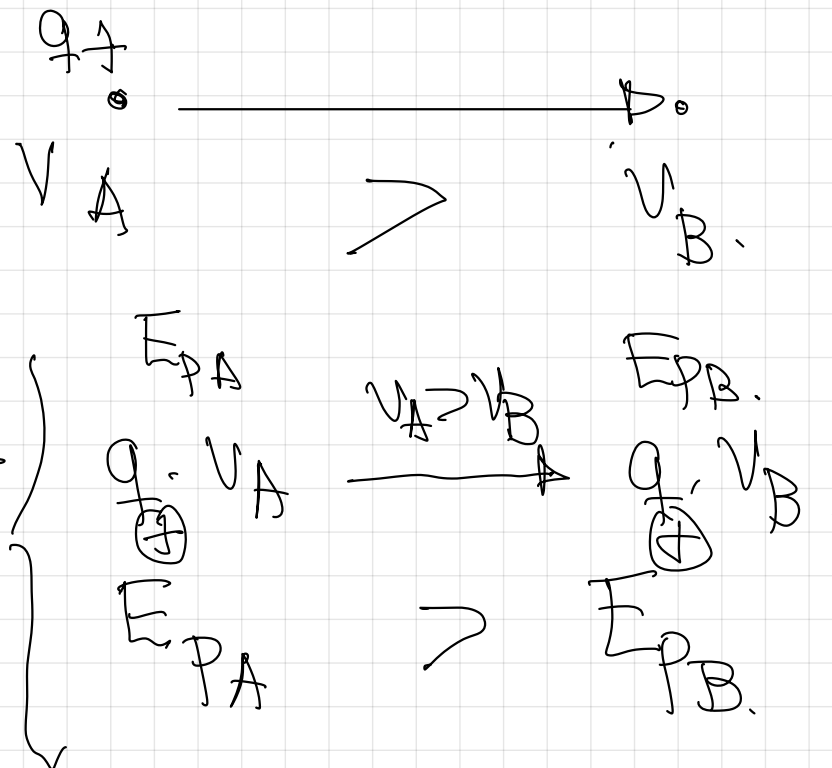
$$V = \frac{E_p}{q}$$

$$E_p = q \cdot V$$

Magnitudes
escalares

Si la carga q
es positiva.

(q+)



Si la carga

E_{pA}

E_{pB}

q es $\ominus$.

$$\frac{q}{r} \cdot V_A \quad \boxed{V_A > V_B} \quad \frac{q}{r} \cdot V_B$$

$\ominus$ $\ominus$

E_p disminuye mas negativo.

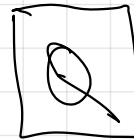
$$E_{pA} < E_{pB}$$

b)

V_A
•
A

$>$

V_B
•

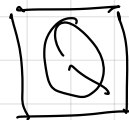


Campo creado por una única carga Q

V_A
•

$>$

V_B
•



r_A

$>$

r_B

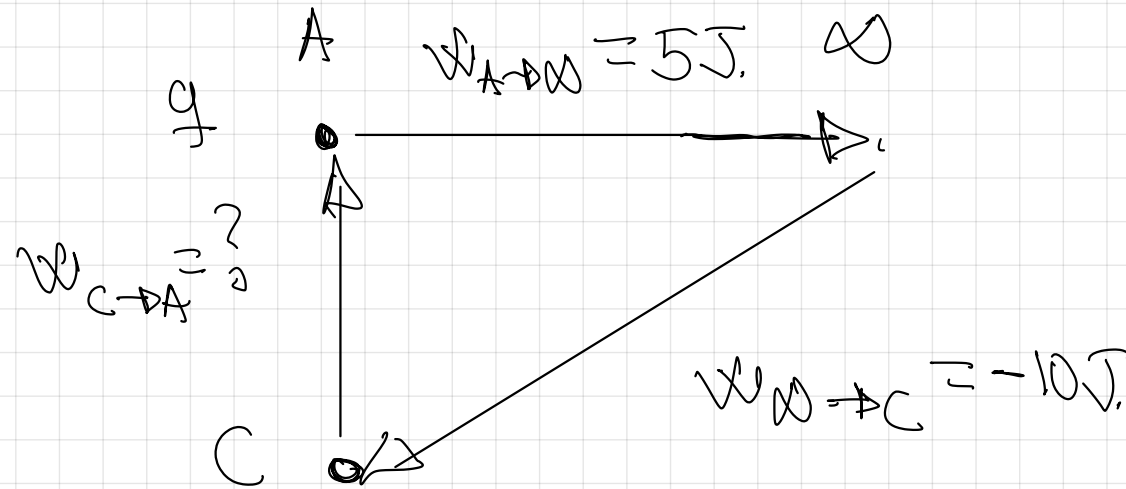
al alejarnos de Q
el potencial es
menos negativo (carga)

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

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?



propiedad del campo eléctrico es el conservativo,

trayectoria
cerrada.

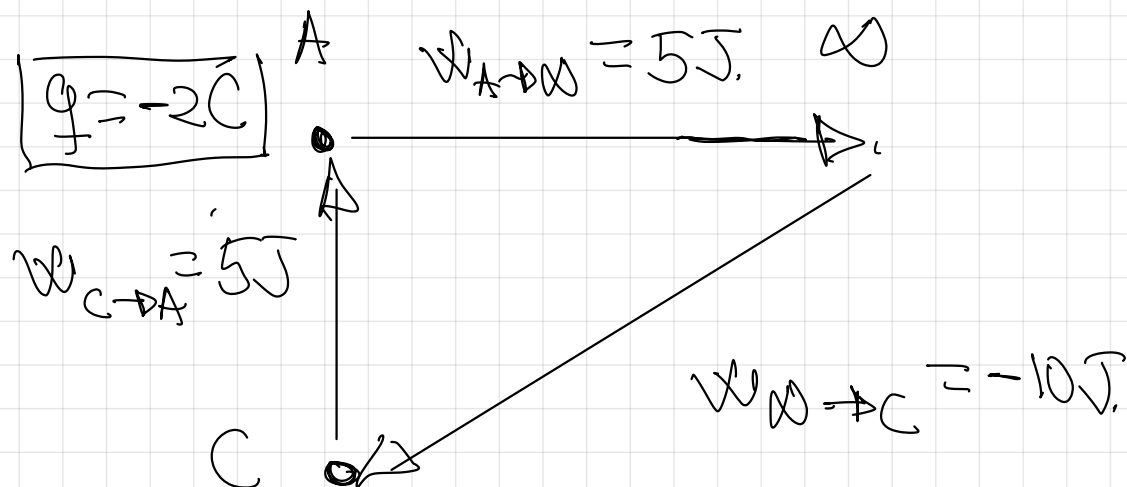
$$W_{A \rightarrow A} = 0$$

$$W_{A \rightarrow \infty} + W_{\infty \rightarrow C} + W_{C \rightarrow A} = 0,$$

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

b)

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



Escales.

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

$$5J = -2C \cdot V_A \Rightarrow V_A = \frac{5J}{-2C} = -2.5V$$

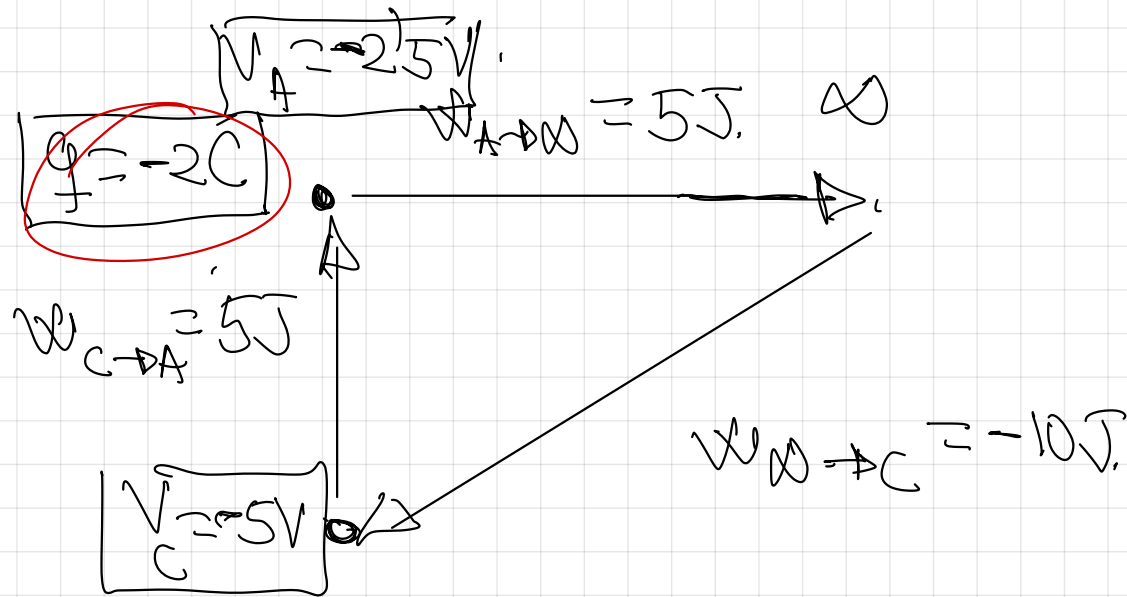
$$W_{\infty \rightarrow C} = q \cdot (V_{\infty} - V_C)$$

$$-10J = -2C (0 - V_C)$$

$$-10 \text{ J} = -2 \text{ C} \cdot (-V_C)$$

$$-10 \text{ J} = 2 \text{ C} V_C$$

$$V_C = \frac{-10 \text{ J}}{2 \text{ C}} = -5 \text{ V}$$



potenciales negativos.

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

↳ potenciales creados por una única carga.

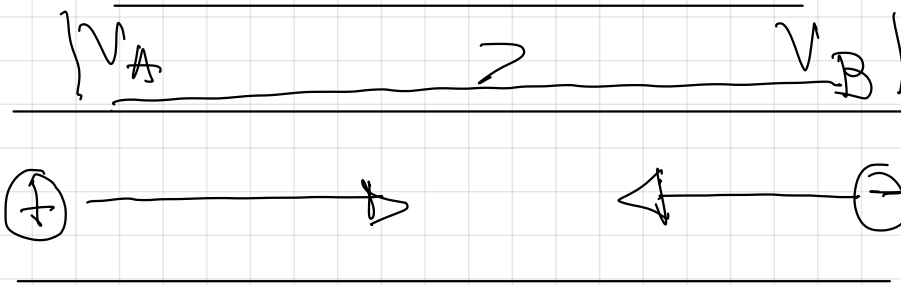
19.- Un acelerador lineal consiste básicamente en un tubo donde se ha hecho el vacío y entre cuyos extremos se establece una diferencia de potencial. Las partículas cargadas introducidas en un extremo del tubo se aceleran dirigiéndose hacia el otro extremo.

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?

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



$$\Delta E_{p1 \rightarrow 2} = W_{1 \rightarrow 2} = \Delta E_{c1 \rightarrow 2}$$

La partícula E_p eléctrica, por medio de un trabajo realizado por el campo eléctrico gana E_c . (acelera).

b)

$$W_{1 \rightarrow 2} = \Delta E_{1 \rightarrow 2}.$$

* magnitudes
escalares

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

$$-1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot (-10^5 \text{ V}) = \frac{1}{2} \cdot 9.1 \cdot 10^{-31} \cdot \boxed{v_2^2} - \frac{1}{2} \cdot 9.1 \cdot 10^{-31} \cdot (10^2)^2.$$

$$\boxed{v_2 = 187 \cdot 10^8 \text{ m/s}}$$

c)

$$W_{1 \rightarrow 2} = \Delta E_{1 \rightarrow 2}.$$

$$q \cdot (V_1 - V_2) = \frac{1}{2} m_p v_{p2}^2 - \frac{1}{2} m_p v_{p1}^2.$$



↖
El orden de potenciales
señala el sentido

$$q \cdot (V_1 - V_2) = \frac{1}{2} m_p \cdot (v_{p2}^2 - v_{p1}^2)$$

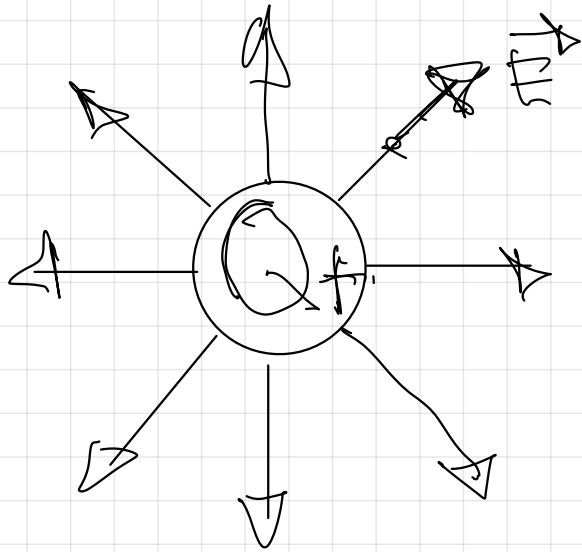
↑
 $v_{p1}^2 + \frac{q \cdot (V_1 - V_2)}{\frac{1}{2} m_p} = v_{p2}^2$ $v_{p2} = \sqrt{\frac{q \cdot (V_1 - V_2)}{\frac{1}{2} m_p}} + v_{p1}$ ←

↓

Para calcular la mayor parte del problema
se introduce la rapidez inicial
y en el orden de potenciales decreciente

ESQUEMA CAMPO ELÉCTRICO UNIFORME Y NO UNIFORME

Campo eléctrico no uniforme.



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

E no uniforme.

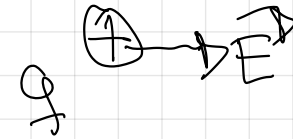
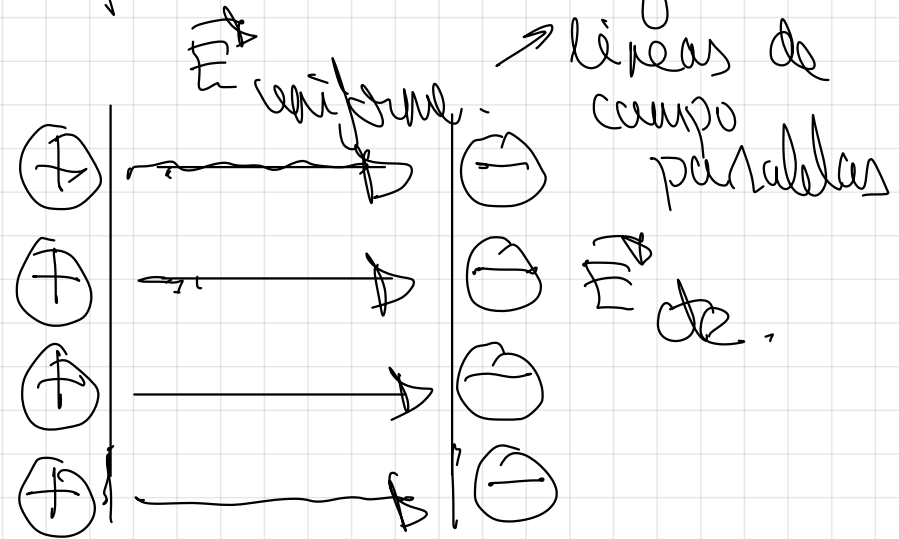
En uniforme y no uniforme
se cumple al ser conservativo
que

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

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

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

Campo eléctrico uniforme



Solo para el campo
eléctrico uniforme.

$$F_e = q \cdot E$$

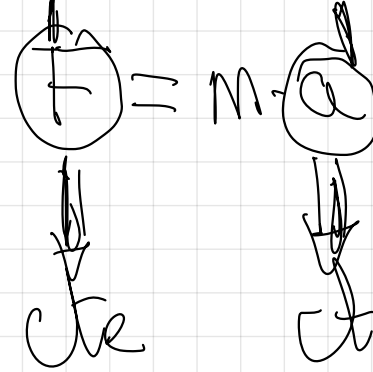
cte.

cte

2ª ley de Newton

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

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



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

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

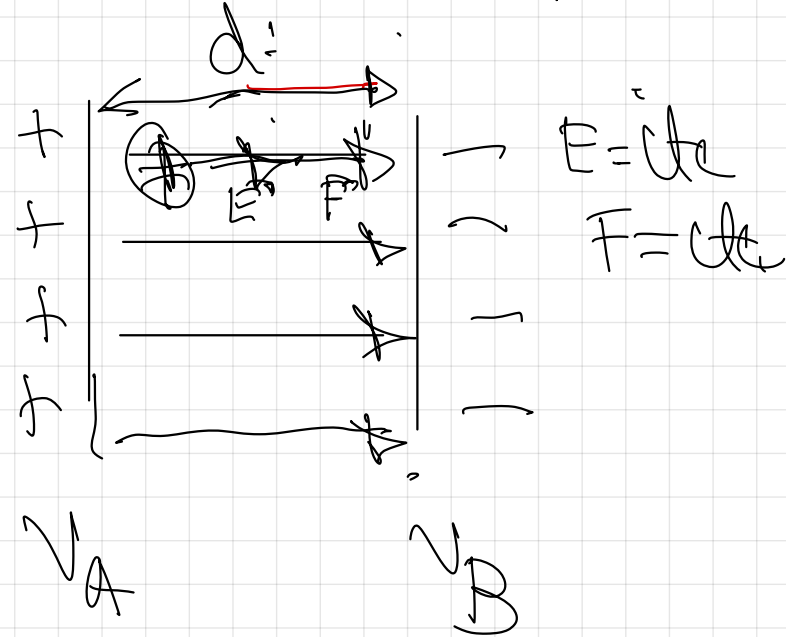
VALIDO EN AMBOS

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

VALIDO SOLO EN E UNIFORME

SOLO CUANDO E es cte.

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



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

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

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

SOLO QUANDO
E é de
(uniforme.)

pág 63.

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

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

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

c) Calcular la energía cinética adquirida

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

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

$$\Rightarrow 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$E = 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$$

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

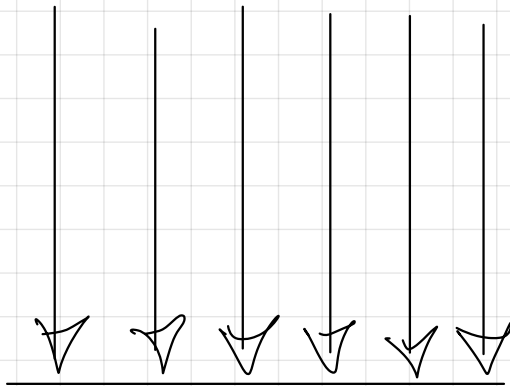
Es igual

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

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

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

+++++



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

a) $|F_e| = |q| |E|$

$$F_e = 16 \cdot 10^{19} C \cdot 10^4 \frac{N}{C} = 16 \cdot 10^{23} N$$

$$\vec{F} = +16 \cdot 10^{23} \hat{j} (N)$$

b)



q



E uniforme (líneas de campo paralelas)



paralelas,

$v_0 = 0$

$d = 1 \text{ cm}$

$v_0 = 0$

$1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m}$

Podemos calcular v mediante la relación trabajo-energía

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

$$F \cdot d \cdot \cos 0 = \frac{1}{2} m \cdot v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2$$

$$q E d = \frac{1}{2} m \cdot v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2$$

Al escribir esa magnitud vectorial,

ya trabajamos con valores absolutos.

$$2q \cdot E \cdot d = m \cdot v_B^2$$

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

$$|v_B = 5.93 \cdot 10^5 \text{ m/s}|$$

Ahora calcularemos v_B por cinemática.

La aceleración a es la magnitud que nos conecta el tratamiento cinemático con el campo eléctrico.

[MRUA]

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

$$F_{\text{el\u00e9ctrica}} = m \cdot a.$$

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

$$a = \frac{q \cdot E}{m} = \frac{1'6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^4}{9'1 \cdot 10^{-31}} = 1'76 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2.$$

$$\text{MRUA} \Rightarrow v^2 = \cancel{v_0^2} + 2as$$

$$v = \sqrt{2as} = \sqrt{2 \cdot 1'76 \cdot 10^{15} \cdot 0'01}$$

$$v = 5'93 \cdot 10^6 \text{ m/s}.$$

$$c) \quad E_c = \frac{1}{2} m_e v^2 = \frac{1}{2} 9.1 \cdot 10^{-31} (5.93 \cdot 10^6)^2 = 16 \cdot 10^{-17} \text{ J}$$

$$W_{A \rightarrow B} = q \cdot E \cdot d \cdot \cos 0 = 16 \cdot 10^{-17} \cdot 10^4 \cdot 0.01 = \boxed{16 \cdot 10^{-17} \text{ J}}$$

Magnitud vectorial,
utilizamos valores
absolutos.

- d)
- * La velocidad v podemos calcularla mediante el balance trabajo-energía o por cinemática.
 - * El tiempo t solo podemos calcularlo por cinemática

$$v = v_0 + at$$

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

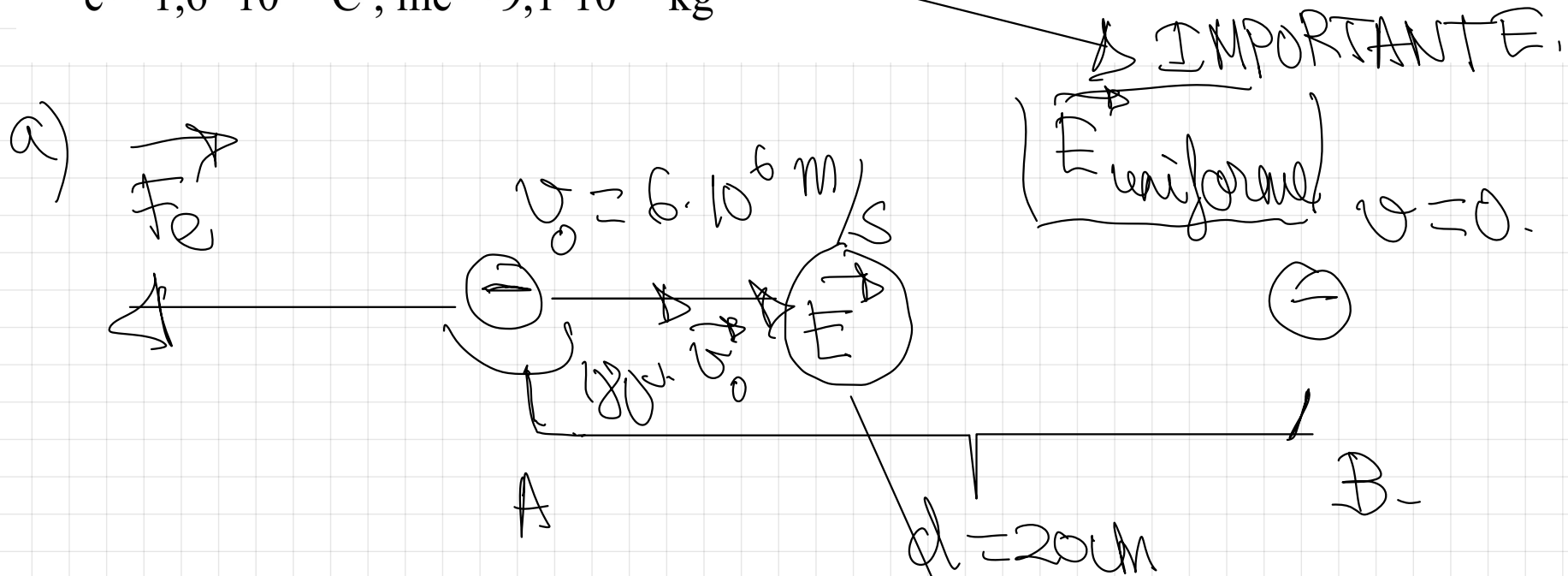
$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{5.93 \cdot 10^6 - 0}{1.76 \cdot 10^{15}}$$

$$= 3.37 \cdot 10^{-9} \text{ s} = 3.37 \text{ ns}$$

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

- Razone cuáles son la dirección y el sentido del campo eléctrico.
- Calcule su módulo.

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



E tiene que tener la misma dirección y sentido que la velocidad $\vec{v}$ para que aparezca sobre el electrón una fuerza $\vec{F}$ en sentido opuesto que lo haga frenar

b) Podemos calcular $|\vec{E}|$ por la relación trabajo-energía.

$W = \Delta E_c \cdot A \rightarrow B$

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

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

al ser magnitud vectorial

$$|\vec{E}| = \frac{\frac{1}{2} m v_A^2}{|q| \cdot d} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 9 \cdot 10^{-31} \cdot (6 \cdot 10^6)^2}{1 \cdot 6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.2} = 51187 \frac{N}{C}$$

$\downarrow$ 20 cm

También podemos calcular $|\vec{E}|$ calculando la aceleración por cinemática y relacionándola con la fuerza $|\vec{F}|$ de la siguiente forma.

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

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

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s} = \frac{0^2 - (6 \cdot 10^6)^2}{2 \cdot 0.2} = -9 \cdot 10^{13} \text{ m/s}^2$$

$$F = m \cdot a$$

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

$$|\vec{E}| = \frac{m \cdot |a|}{q} = \frac{9.1 \cdot 10^{-31} \cdot 9 \cdot 10^{13}}{1.6 \cdot 10^{-19}} = 51187 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\boxed{|\vec{E}| = 51187 \frac{\text{N}}{\text{C}}}$$

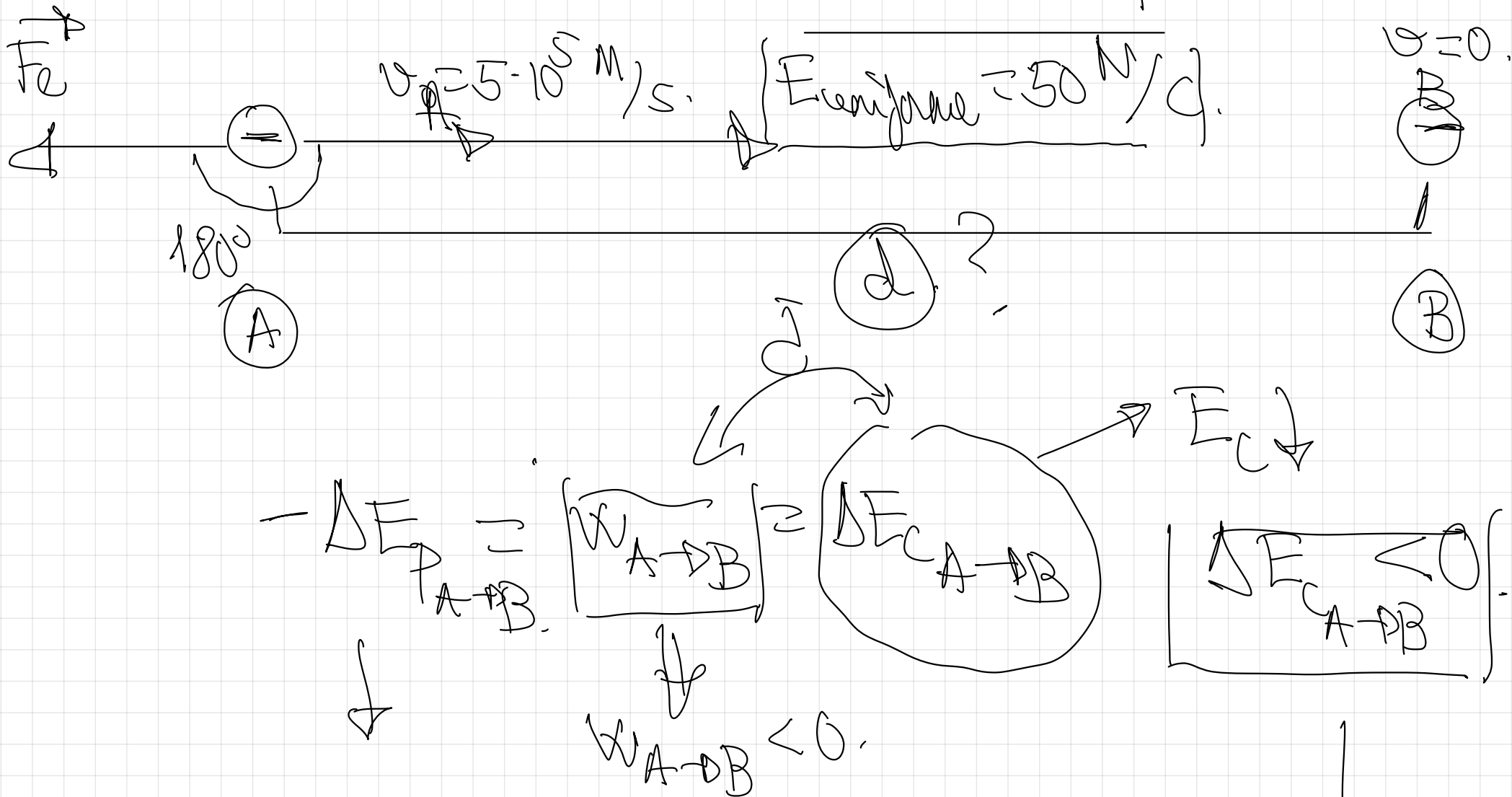
46.- Un electrón se mueve con una velocidad de $5 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$ y penetra en un campo eléctrico de 50 N C^{-1} de igual dirección y sentido que la velocidad. CAMPO ELÉCTRICO
UNIFORME

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

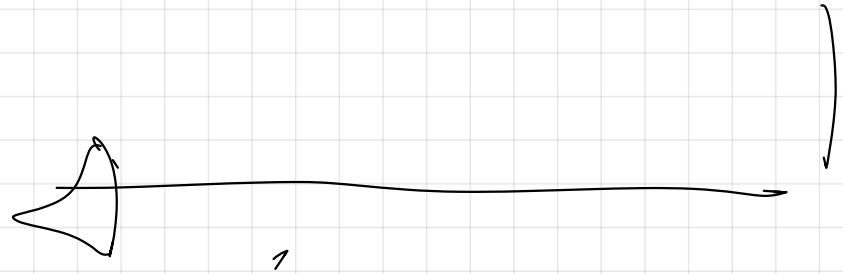
b) Razone qué ocurriría si la partícula incidente fuera un protón.

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

$$m_p \gg m_e$$



Habr  un
 incremento de
 E_p eléctrica -
 coincide con la
 disminución de E_c .



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

Campo eléctrico,
 uniforme.

magnitud
 vectorial.

$$F \cdot d \cos 180^\circ = \frac{1}{2} m_e v_B^2 - \frac{1}{2} m_e v_A^2$$

$$|q| \cdot |E| \cdot d \cdot (-1) = 0 - \frac{1}{2} m_e v_A^2$$

↓

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

Por cinemática

la aceleración es la
constante.

2^a ley de Newton

$$\textcircled{F} = m \cdot a$$

electrica.

MRUA (frenado)

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

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

$$v^2 = v_0^2 + 2 \boxed{a \cdot s}$$

$$\textcircled{a}$$

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

$$|a| = \frac{|q| \cdot |E|}{m} = \frac{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 50}{9.1 \cdot 10^{-31}} = 8.8 \cdot 10^{12} \text{ m/s}^2,$$

$|a| //$

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

$$a = -8.8 \cdot 10^{12} \text{ m/s}^2$$

$$0 = v_0^2 + 2a(S) \rightarrow d.$$

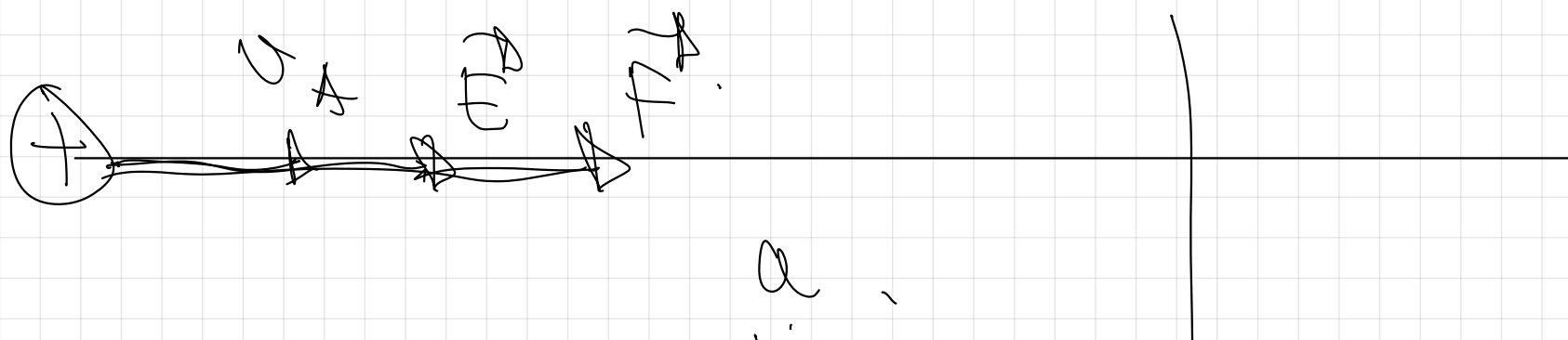
Estée frenando

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

b)

$$|\vec{a}| = \frac{|q| \cdot |\vec{E}|}{m}$$

$$m_p \gg m_e \rightarrow a_p \downarrow$$



M R V A : el protón acelera indefinidamente.
 con una aceleración menor en valor absoluta
 que la del electrón debido a su

Neutron mass,

$$F = m_p \cdot a_f$$

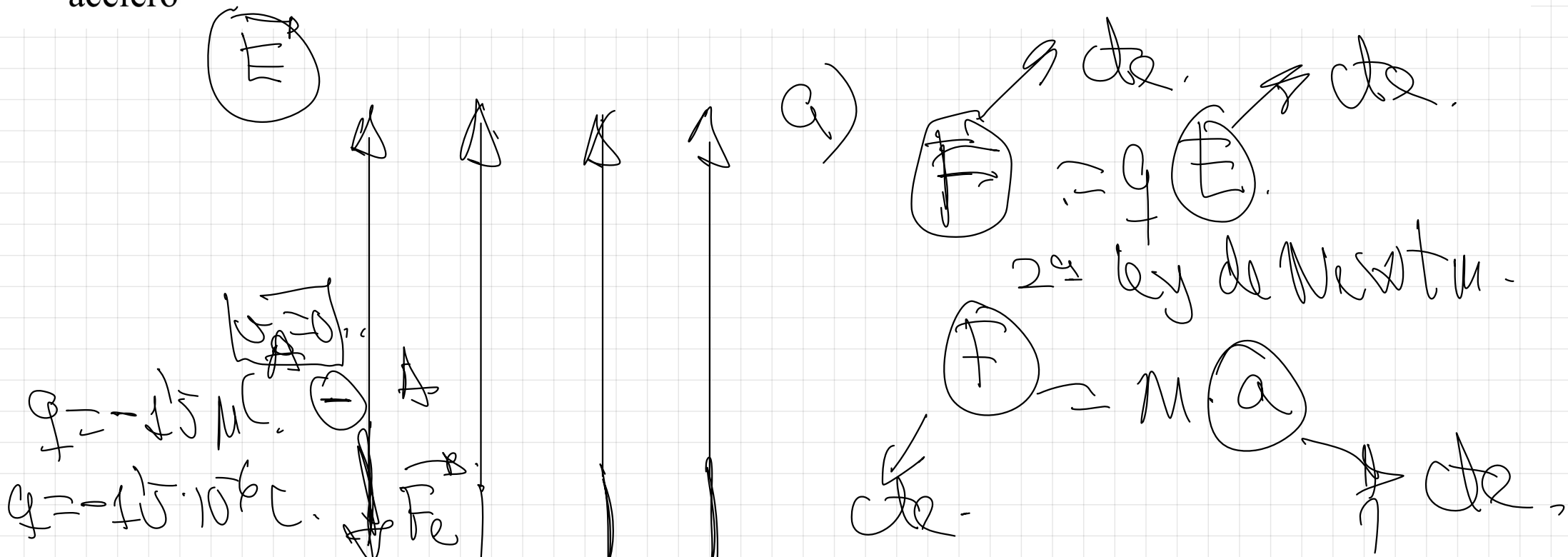
$$\boxed{(g) \cdot |E|} = m_p \cdot a$$

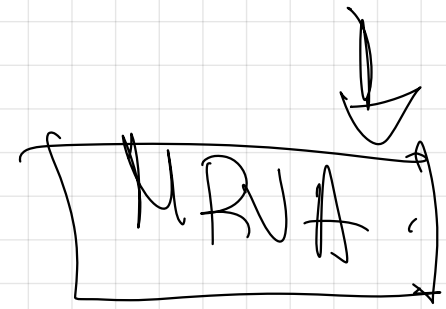
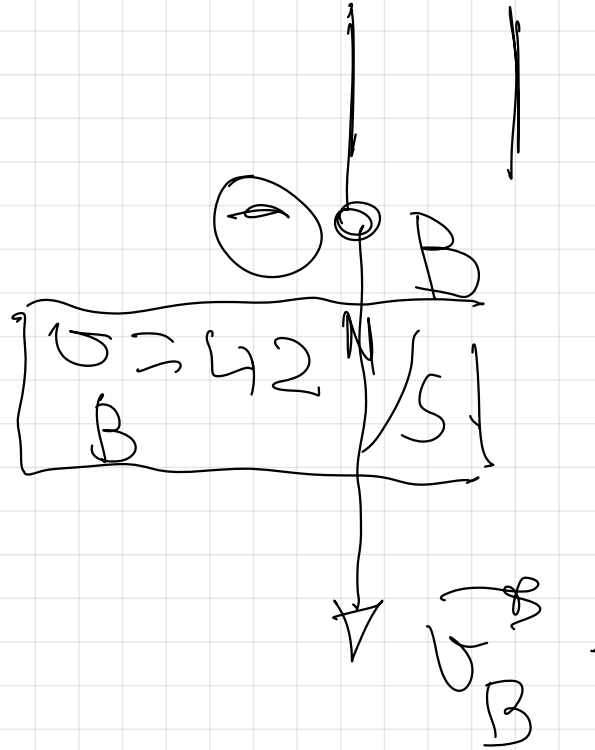
$$a = \frac{(g) \cdot |E|}{m_p} = \frac{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 50}{1.7 \cdot 10^{-27}} = 4.7 \cdot 10^9 \text{ m/s}^2$$

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

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

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





Direction $\Rightarrow$ eje OY (vertical)
 Sentido $\Rightarrow$ negativo.

b) magnitud escalar.

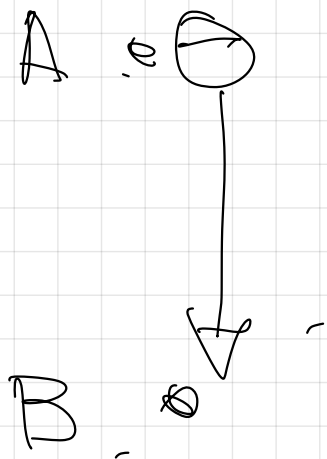
$$W_{A \rightarrow B} = \Delta E_{A \rightarrow B}.$$

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

$$(V_A - V_B) = \left(\frac{\frac{1}{2} m v_B^2}{q} \right) = \frac{\frac{1}{2} 2 \cdot 10^{-6} \cdot (42)^2 \cdot \frac{J}{C}}{-15 \cdot 10^{-6}}$$

$$(V_A - V_B) = -129316 \text{ V}$$

$V_A - V_B > 0 \rightarrow$ desplazamiento espontáneo,



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

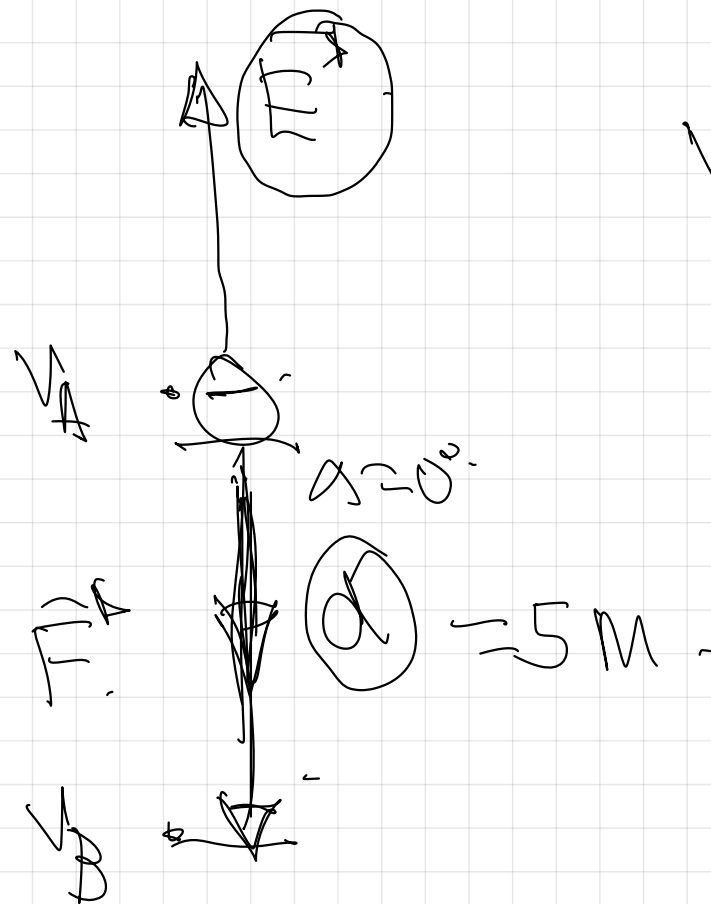


$$V_A < V_B \rightarrow$$

$(V_A - V_B) = -1293.6 \text{ V}$ Las cargas negativas se desplazan espontáneamente en el ~~orden~~ orden de potenciales creciente.

c) El punto B es el 
que está a mayor
potencial.

d)



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

↳ todos los casos.

$$W_{A \rightarrow B} = [E] d \cdot \cos 0^\circ = q \cdot E \cdot d \quad \text{vectorial.}$$

↳ campo eléctrico
uniforme.

$$(V_A - V_B) = -1203.6 \text{ V}$$

$$q \cdot (V_A - V_B) = q \cdot [E] d$$

Después lo
expreso como
vector.

10 V0. Solo
para campo
elétrico
uniforme.

$$\leftarrow \text{---} \left(\vec{E} \right) \text{---} \frac{(V_A - V_B)}{d} = \frac{12936 \text{ V}}{5 \text{ m}}$$

$$|\vec{E}| = 25872 \cdot \frac{\text{V}}{\text{m}} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

$$\frac{V}{m} = \frac{J/C}{m} = \frac{N \cdot m / C}{m} = \frac{N}{C}$$

$$\vec{E} = +25872 \hat{y} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

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

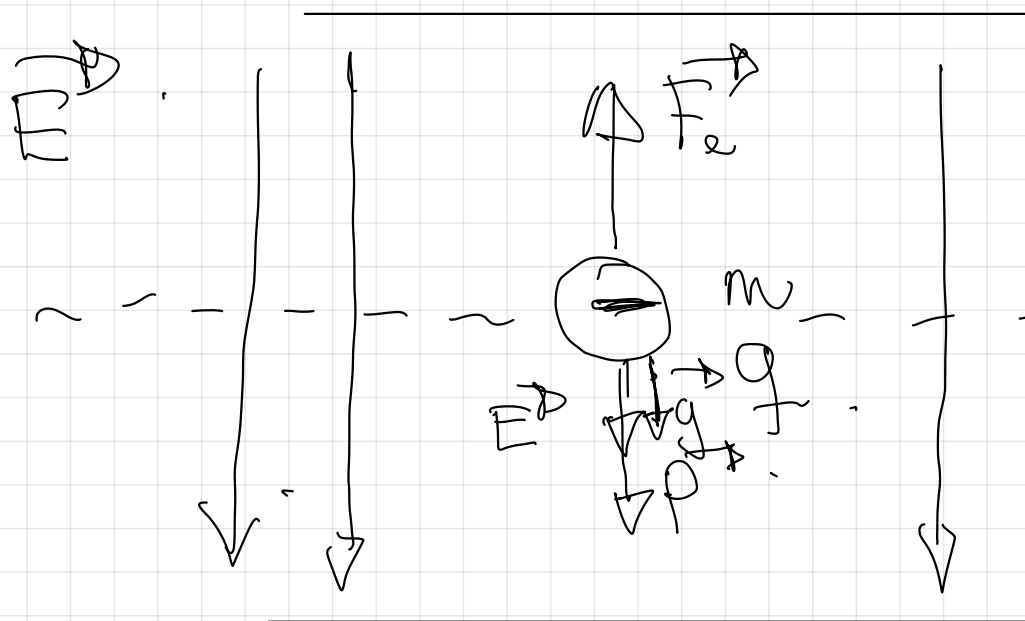
a) ¿Cuánto distan las placas?

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

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

Uniforme,

$$V_A - V_B = 153 \text{ V}$$



EQUILIBRIO

$$|F_e| = |P|$$

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

una vez calculado el campo E ,
se fue para un campo eléctrico
uniforme.

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

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

$$\cancel{q} \cdot \boxed{(V_A - V_B)} = \cancel{q} \cdot E \cdot d \cdot \cos 0^\circ$$

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

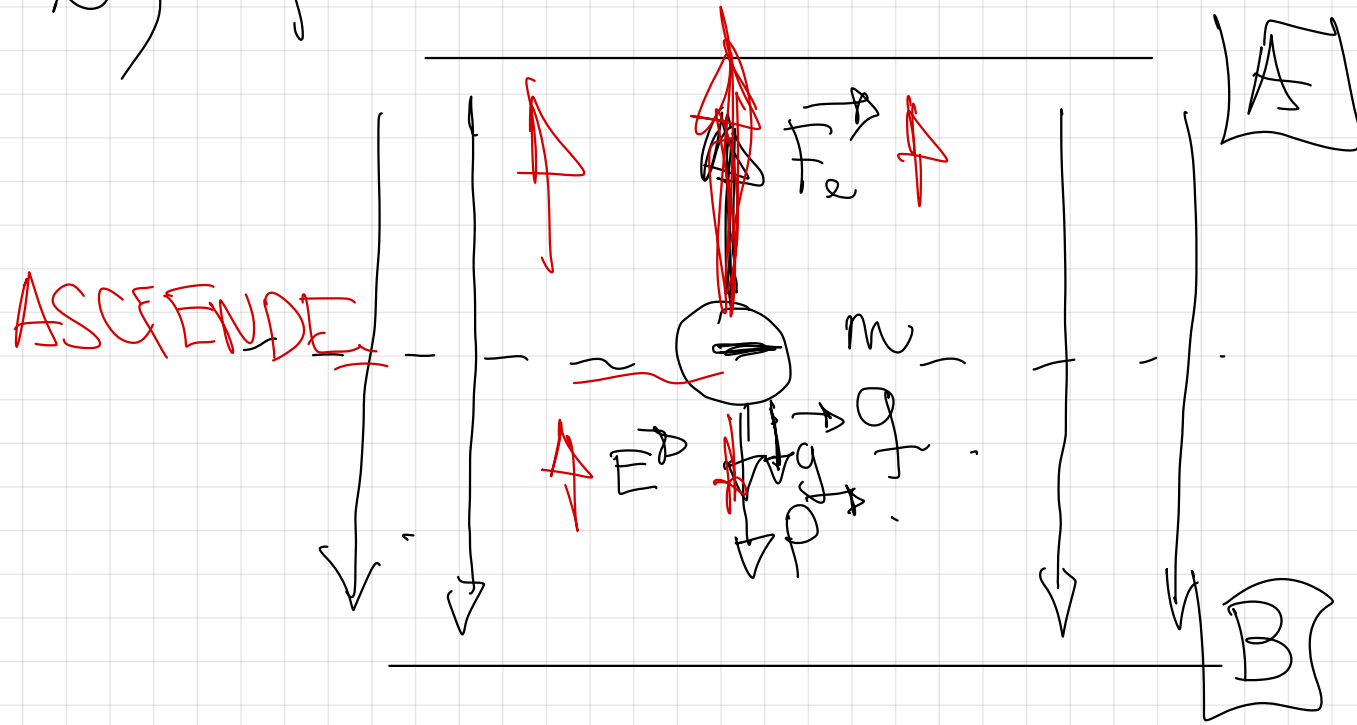
$$|E| = \frac{m \cdot g}{|q|} = \frac{1 \cdot 10^{-14} \cdot 9.8}{20 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}}$$

$$|E| = 306 \cdot 10^4 \text{ N/C } \left(\frac{\text{V}}{\text{m}} \right)$$

$$d = \frac{(V_A - V_B)}{E} = \frac{153 \text{ V}}{306 \cdot 10^4 \text{ V/m}}$$

$$\boxed{d = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}}$$

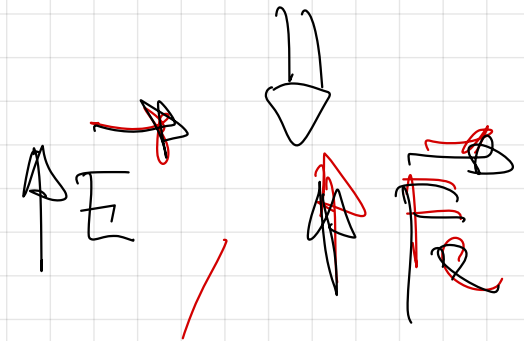
b) $\Delta(V_A - V_B) = E \cdot d$



$(V_A - V_B = 153 \text{ V})$

↓ aumenta

$V_A - V_B = 153 \text{ V}$



$|F_e| > |P| \rightarrow$ la partícula asciende.

Dirección vertical, sentido ascendente.

2^a ley de Newton.

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

$$F_e - \boxed{P} = m \cdot a.$$

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

$$(V_A - V_B) = \boxed{E} \cdot d.$$

↓
nuevo campo

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

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

$$a = \frac{|q| \cdot |E| - P}{m}$$

$$= \frac{20 \cdot 16 \cdot 10^{-19} \cdot 31 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^{-14}}{1 \cdot 10^{-14}} = 0,12 \text{ m/s}^2.$$

$t = 0.1 \text{ s}$ cinemática: MRVA

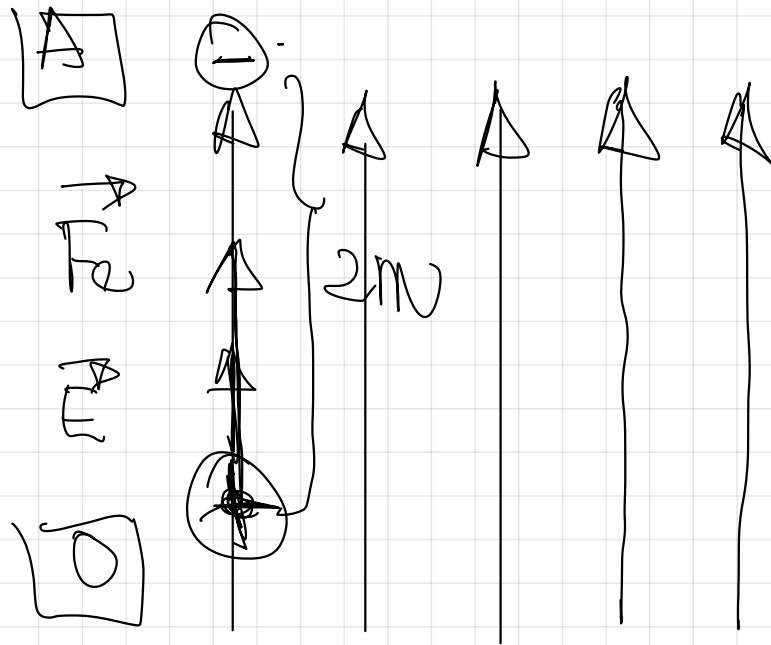
$$v = v_0 + at = 0 + 0.12 \cdot 0.1 = 0.012 \text{ m/s}.$$

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

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

21.- Una partícula de carga $6 \cdot 10^{-6} \text{C}$ se encuentra en reposo en el punto (0,0). Se aplica un campo eléctrico uniforme de $500 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$ dirigido en el sentido positivo del eje OY

- Describe la trayectoria seguida por la partícula hasta que se encuentra en el punto A, situado a 2m del origen
- Explicar si aumenta o disminuye la energía potencial de la partícula en dicho desplazamiento. ¿En qué se convierte dicha variación de energía?
- Calcula el trabajo realizado por el campo en el desplazamiento de la partícula, así como la diferencia de potencial entre el origen y el punto A



$$E = 500 \frac{N}{C}$$

a) Trayectoria rectilínea,
MRUA sentido
ascendente.

$$b) -\Delta E_p = W_{0 \rightarrow A} = \int_{0 \rightarrow A} F_{e0 \rightarrow A}$$

$$b) \quad W_{O \rightarrow A} = q \cdot (V_O - V_A)$$

$$W_{O \rightarrow A} = 6 \cdot 10^{-6} - 1000$$

$$\boxed{W_{O \rightarrow A} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ J.}}$$

$$E = 500 \frac{\text{N}}{\text{C}} \Rightarrow$$

$$(V_O - V_A) = E \cdot d = 2 \text{ m.}$$

$$(V_O - V_A) = 500 \frac{\text{N}}{\text{C}} \cdot \left(\frac{\text{V}}{\text{m}} \right)$$

$$(V_O - V_A) = 500 \cdot 2 = \boxed{1000 \text{ V.}}$$

$$W_{O \rightarrow A} > 0 \Rightarrow$$

Diminuer le E_p , augmente
la E_c

Se convertit en E_c ,
la $E_m = \text{cte.}$

Otra forma (campo eléctrico uniforme).

$$W_{\text{O} \rightarrow A} = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

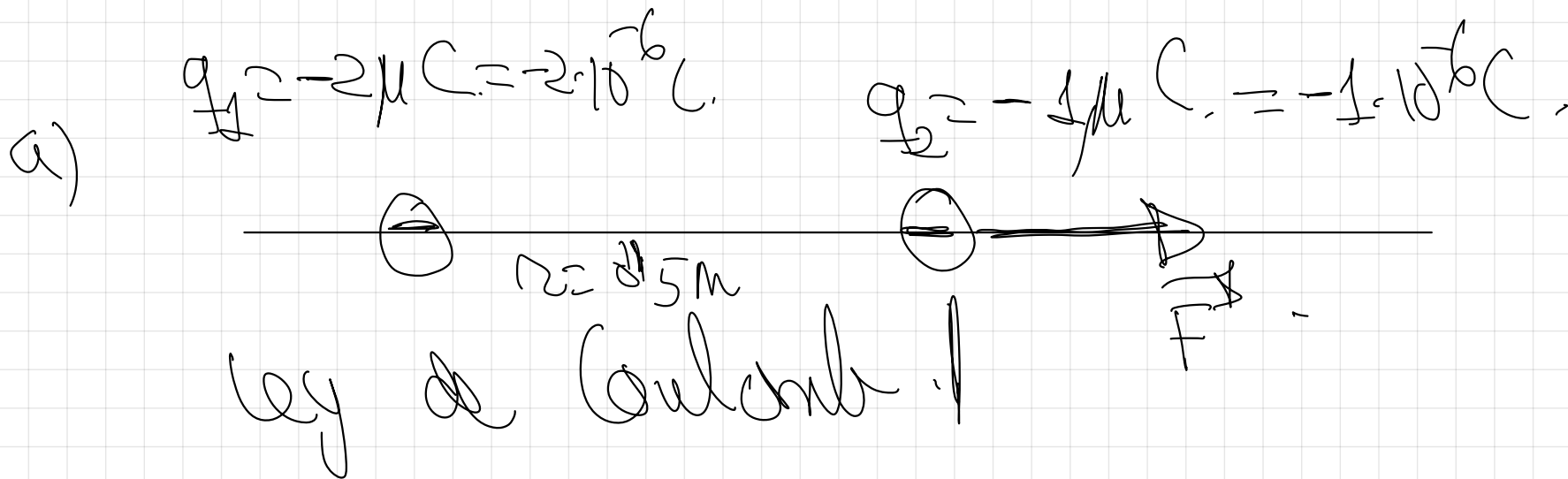
$$W_{\text{O} \rightarrow A} = q \cdot E \cdot d \cdot \cos \alpha$$

$$W_{\text{O} \rightarrow A} = 6 \cdot 10^{-6} \cdot 500 \frac{\text{N}}{\text{C}} \cdot 2\text{m} = 6 \cdot 10^{-3} \text{J}$$

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

- Calcula la fuerza que actúa sobre la segunda, así como la energía potencial electrostática
- Si q_2 se mueve bajo la acción del campo partiendo del reposo, explicar si aumentará o disminuirá su energía potencial
- Calcular su energía cinética cuando se haya desplazado $0,2\text{ m}$ respecto a su posición inicial. ¿Cuánto trabajo habrá realizado hasta entonces el campo eléctrico?
- ¿Cuánto trabajo realizará el campo eléctrico para desplazar la carga q_2 desde su posición inicial hasta el infinito?. Comentar el resultado obtenido

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



$$F = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{(0,5)^2} = 72 \cdot 10^{-2} \text{ N.}$$

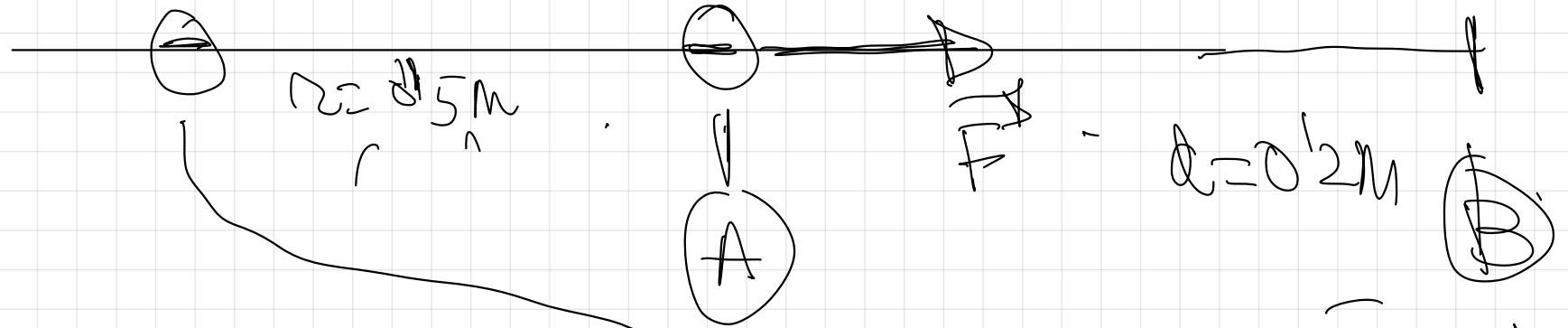
$$\vec{F} = +72 \cdot 10^{-2} \vec{r} \text{ (N)}$$

→ magnitud escalar, cada carga
con su signo

$$E_p = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(-2 \cdot 10^{-6}) \cdot (-1 \cdot 10^{-6})}{0,5}$$

$$E_p = 36 \cdot 10^{-2} \text{ J.}$$

a) $q_1 = -2 \mu C = -2 \cdot 10^{-6} C$ $q_2 = -1 \mu C = -1 \cdot 10^{-6} C$ $E = ?$



¡OJO!

NO ES UN CAMPO ELÉCTRICO

UNIFORME → lo que es

calculada en
el apartado anterior

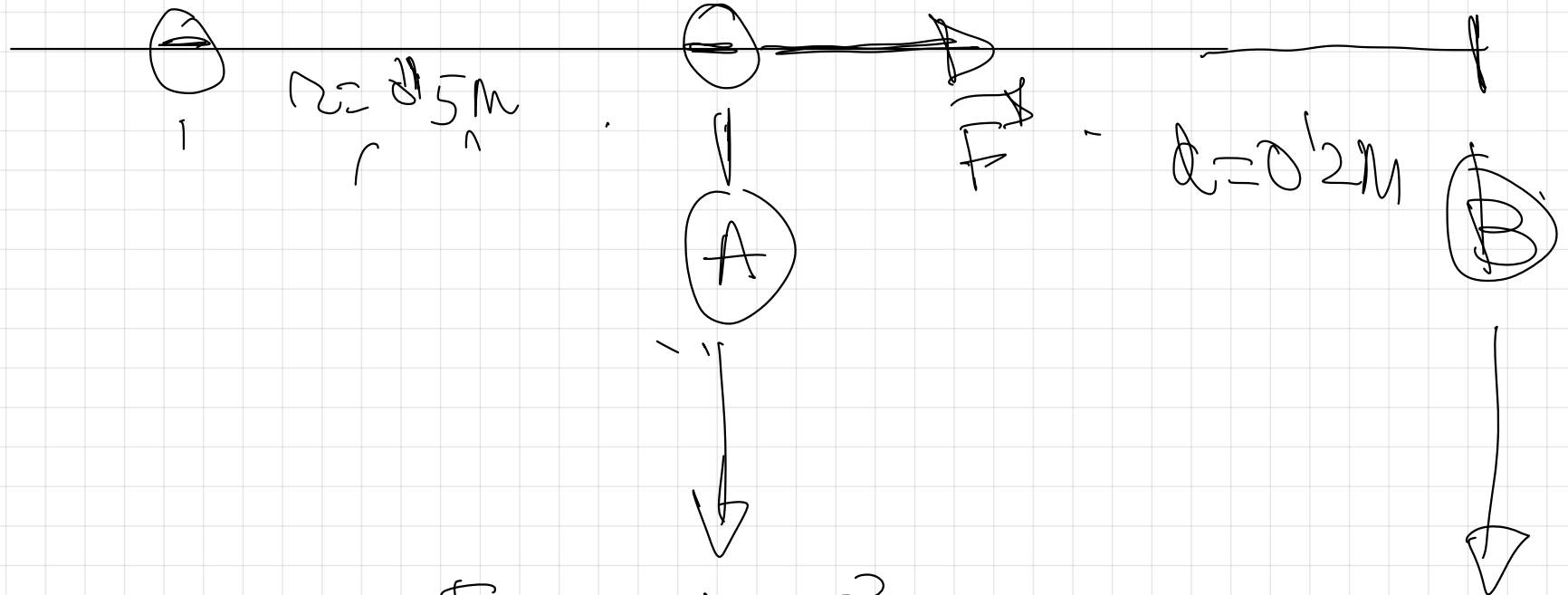
única carga q_1

$E_A = 3.6 \cdot 10^{-2} J$

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

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

$$q_2 = -1 \mu C = -1 \cdot 10^{-6} C, \quad E?$$



$$E_{PA} = 316 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

$$E_{PB} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

$$E_{PB} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(-2 \cdot 10^{-6}) \cdot (-1 \cdot 10^{-6})}{(0.15 + 0.2)^2}$$

$$E_{PB} = 25 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

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

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

$$- (E_{PB} - E_{PA}) = E_{CB} - E_{CA}$$

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

$$E_{CB} = 36 \cdot 10^{-2} \text{ J} - 25 \cdot 10^{-2} \text{ J} = 11 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

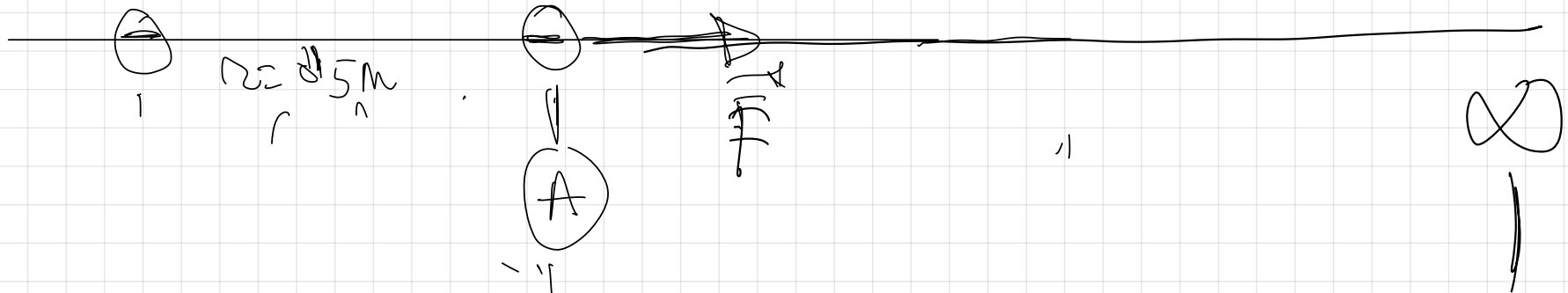
$$W_{A \rightarrow B} = \Delta E_{CA \rightarrow B}$$

$$W_{A \rightarrow B} = E_B - E_A \rightarrow 0 \text{ parte del reposo.}$$

$$W_{A \rightarrow B} = 11 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

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

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



$$E_{pA} = 36 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

$$E_{p\infty} = 0$$

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

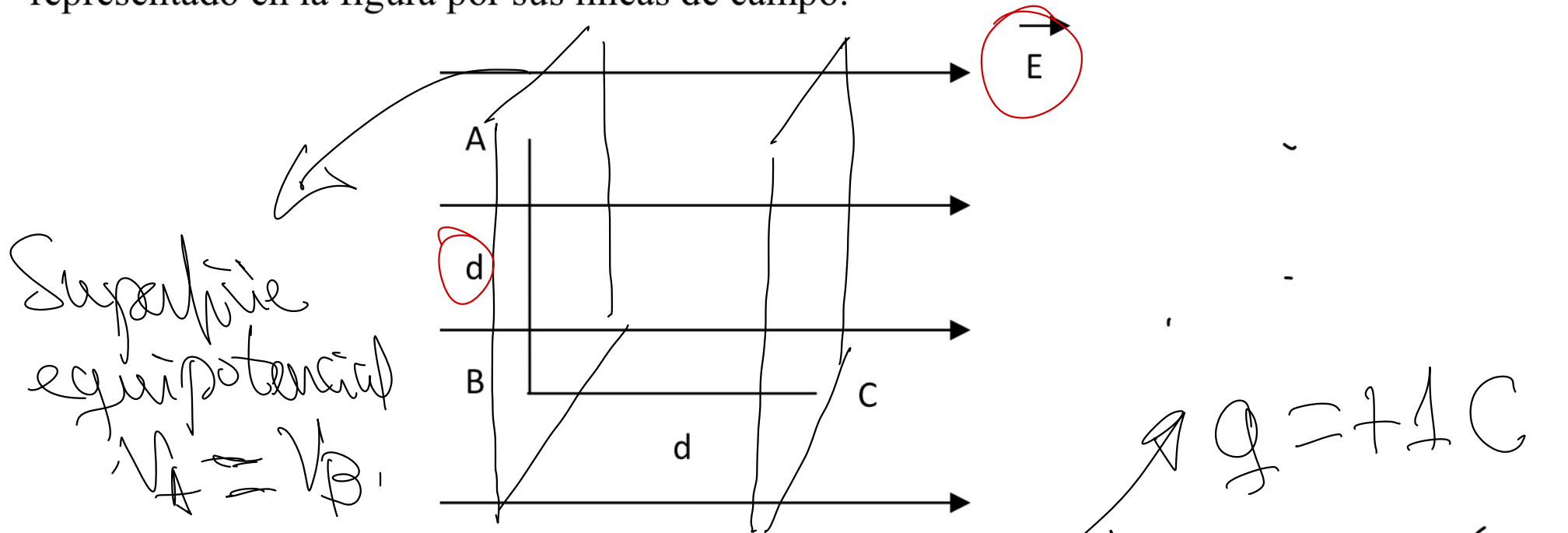
$$W_{A \rightarrow \infty} = - (E_{PA}^{\infty} - E_{PA})$$

$$W_{A \rightarrow \infty} = E_{PA} = 36 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$



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

15.- En una región del espacio existe un campo eléctrico uniforme de intensidad E representado en la figura por sus líneas de campo:



- a) ¿Qué trabajo se realizará al trasladar la unidad de carga positiva desde el punto A al B y desde el punto B al C?
- b) ¿Qué trabajo se realizará al trasladar la unidad de carga positiva desde el punto C al A?. Explicar el resultado obtenido.
- c) ¿Cuál de los tres puntos posee menor potencial?

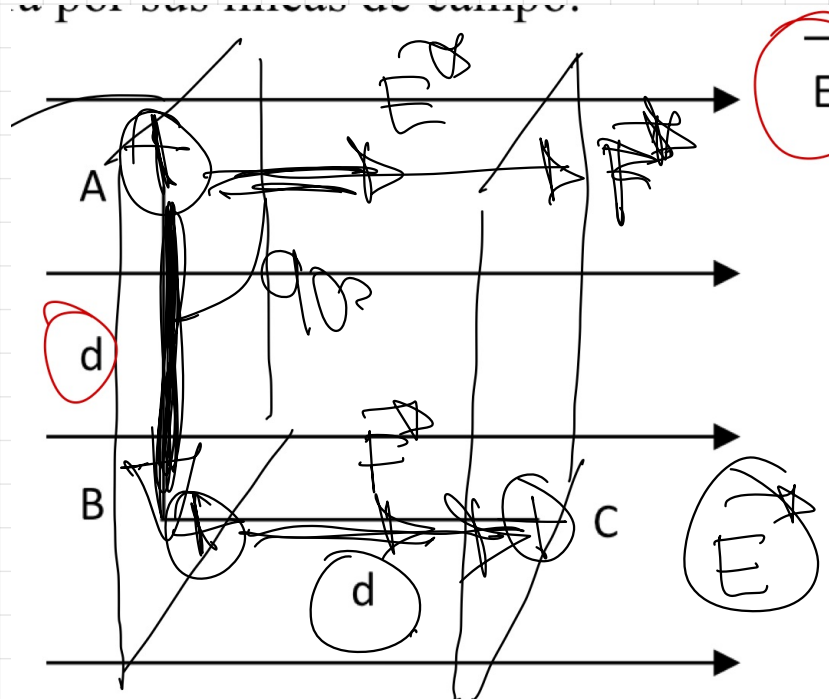
a) $W_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B) = 0$

Campo eléctrico uniforme.

$$V_A = V_B \text{ (sup equipot.)}$$

Otra forma,

o por las líneas de campo.



vará al trasladar la unidad de carga pos

Campo elect uniforme

$$W_{A \rightarrow B} = F \cdot d \cdot \cos 90^\circ$$

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

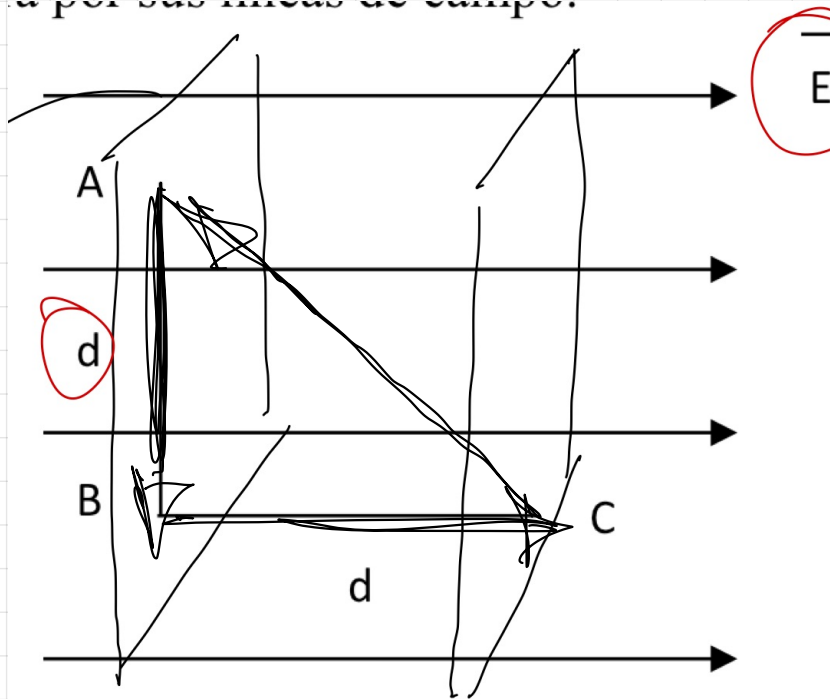
$$W_{B \rightarrow C} = F \cdot d \cdot \cos 0^\circ = 1$$

$$W_{B \rightarrow C} = q \cdot E \cdot d$$

$\nwarrow$
 $\perp C$

$$W_{B \rightarrow C} = E \cdot d$$

a por las líneas de campo.



ará al trasladar la unidad de carga pos

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

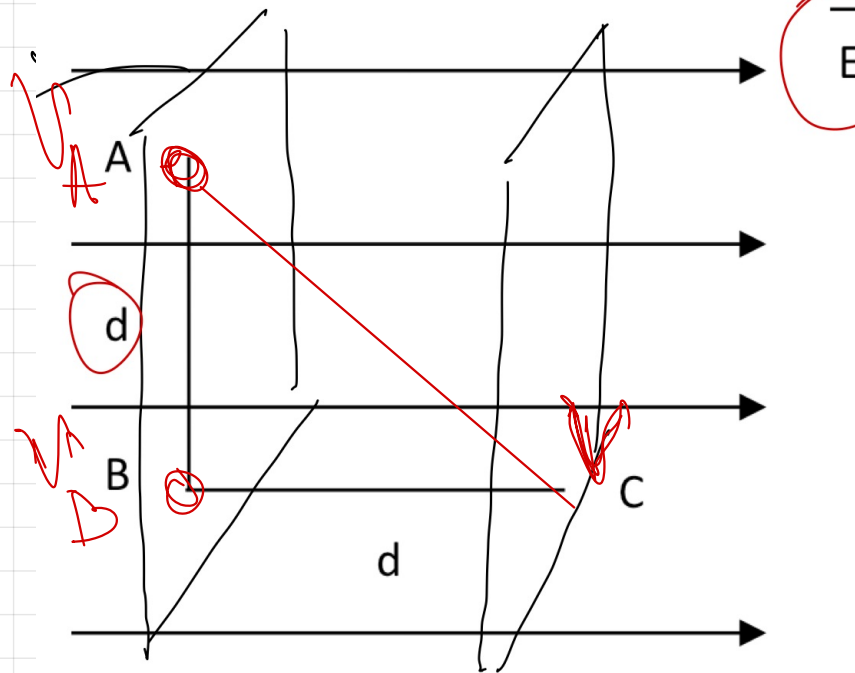
$$W_{A \rightarrow B} + W_{B \rightarrow C} + W_{C \rightarrow A} = 0$$

$$0 + E \cdot d + W_{C \rightarrow A} = 0$$

$$W_{C \rightarrow A} = -E \cdot d$$

$W_{GA} < 0$ No espontaneo
por parte de la fuerza
eléctrica.

... por las líneas de campo.



...ará al trasladar la unidad de carga pos

$$W_{B \rightarrow C} = E \cdot d$$

$$W_{B \rightarrow C} > 0$$

$$q \cdot (V_B - V_C) > 0$$

+ ⊕

$$V_A = V_B$$

$$V_D > V_C$$

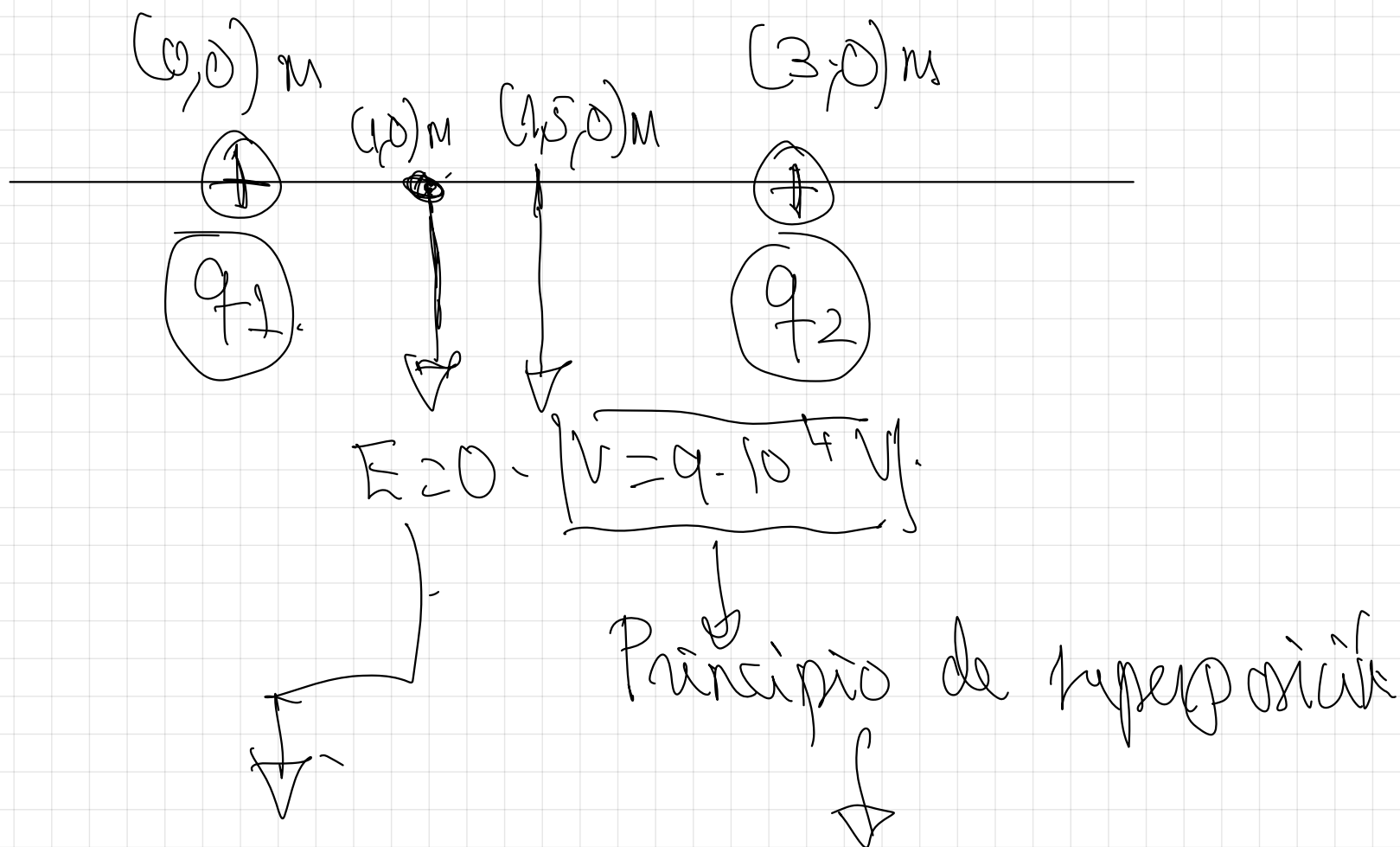

At the end of a neuron
potential is V_C .

93

Justifique su respuesta.

b) Dos cargas positivas q_1 y q_2 se encuentran situadas en los puntos $(0,0)$ m y $(3,0)$ m respectivamente. Sabiendo que el campo eléctrico es nulo en el punto $(1,0)$ m y que el potencial electrostático en el punto intermedio entre ambas vale $9 \cdot 10^4$ V, determine los valores de dichas cargas.

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



$$\left| \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 4 & 1 \end{pmatrix} \right| = \left| \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 5 & 2 \end{pmatrix} \right|$$

$$K \cdot \frac{q_1}{r_2} = K \cdot \frac{q_2}{r_2}$$

$$K \cdot \frac{q_1}{r_2} = K \cdot \frac{q_2}{r_2}$$

$$\left[\begin{pmatrix} 1 \\ 4 \end{pmatrix} \right] = K \cdot \frac{q_2}{r_2}$$

$$q_1 = \cancel{K} \cdot \frac{q_2}{4}$$

$$V = V_1 + V_2$$

$$V = K \cdot \frac{q_1}{r_2} + K \cdot \frac{q_2}{r_2}$$

$$V = K \cdot \frac{q_1}{r_2} + K \cdot \frac{q_2}{r_2}$$

$$\left[q_1 = \frac{q_2}{4} \right]$$

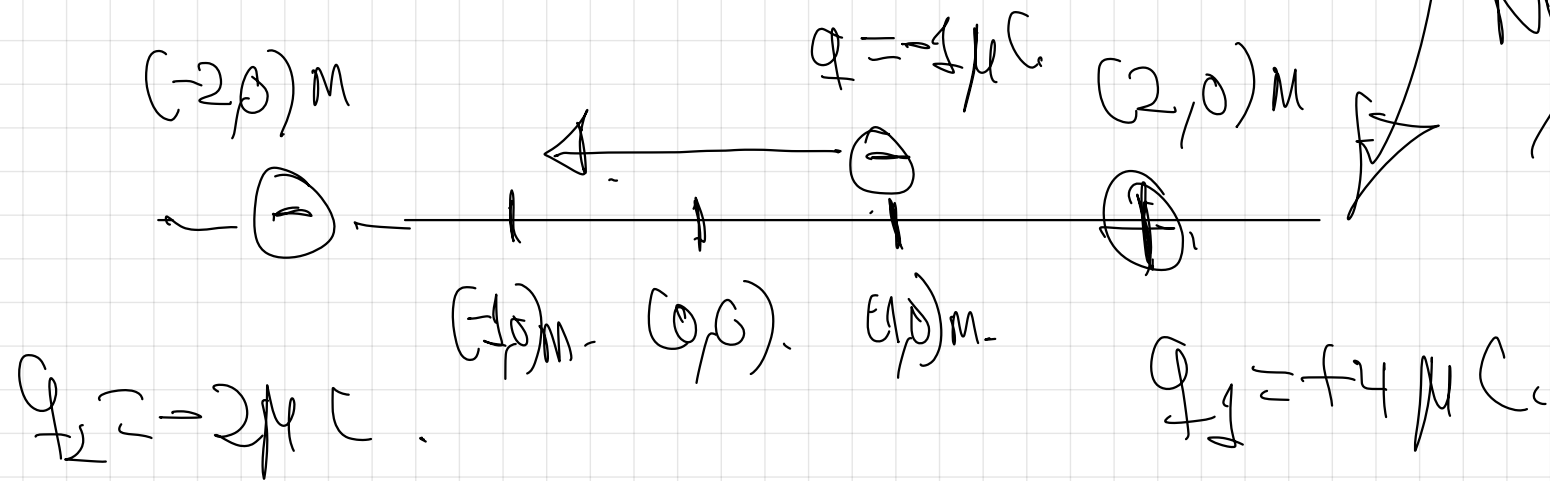
24.- Dos cargas eléctricas puntuales de $4\mu\text{C}$ y $-2\mu\text{C}$ cada una están situadas respectivamente en $(2,0)$ m y en $(-2,0)$ m, respectivamente

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

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

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

~~$q = -1\mu\text{C}$~~



¡OJO!
No se puede hacer por campo eléctrico uniforme.

Principio de superposición.

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

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

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

→ Princípio da superposição

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

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

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

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

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

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

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

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

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

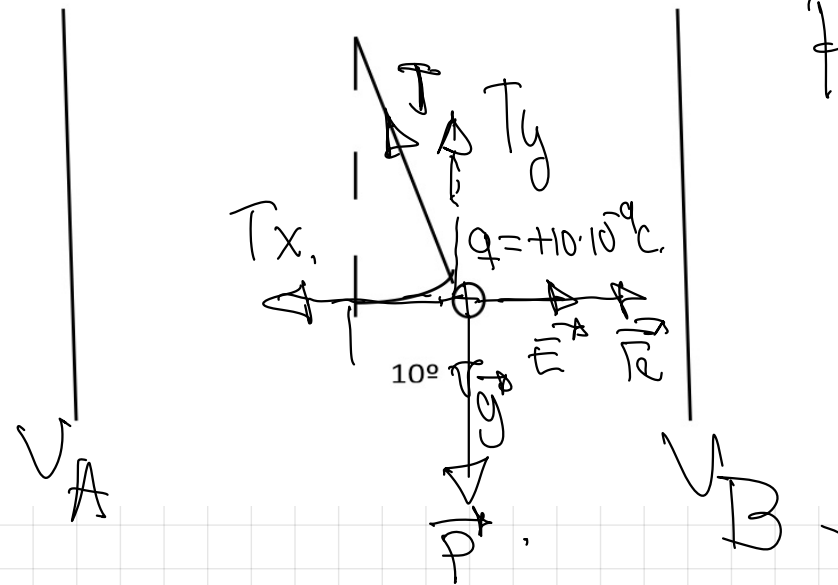
$$-\Delta E_{p_{A \rightarrow B}} = W_{A \rightarrow B} = -0'036 \text{ J}$$

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

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

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

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



Primero calculamos



Una vez que

lo sabemos,

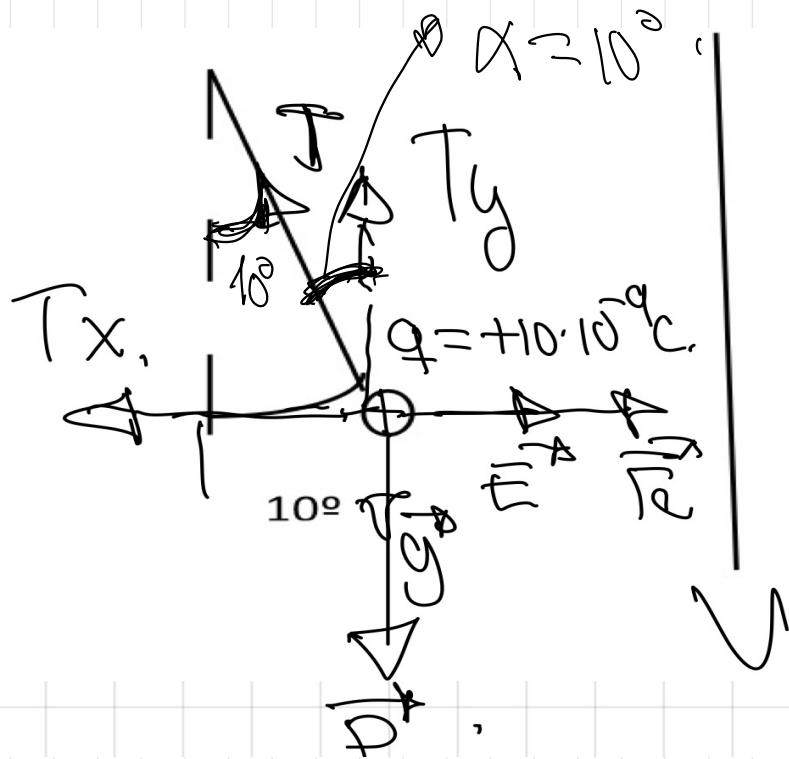
como el campo

eléctrico es

uniforme

$$|T_x| = |F_e|$$

$$|T_y| = |P|$$



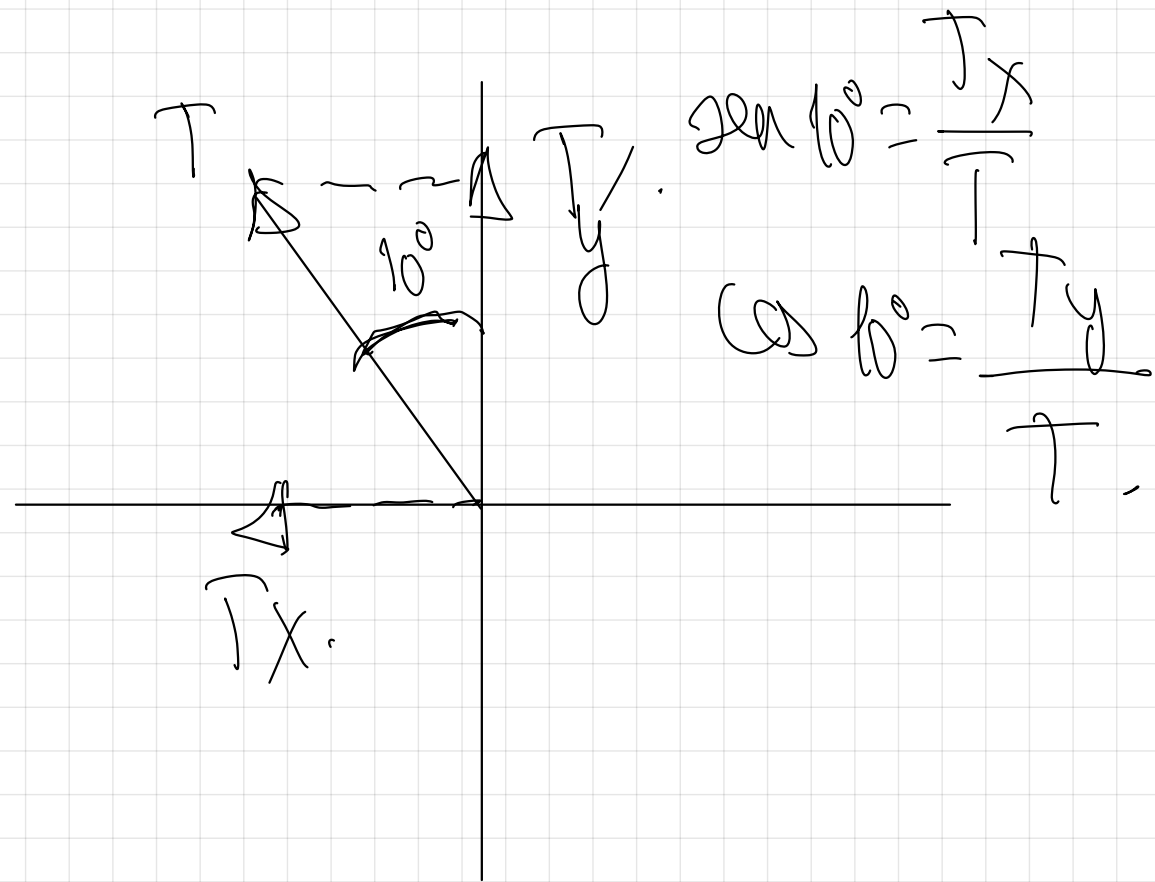
partes utilizadas

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

$$T \cdot \sin 10^\circ = q \cdot E$$

$$T \cdot \cos 10^\circ = m \cdot g$$

$$\tan 10^\circ = \frac{q \cdot E}{m \cdot g}$$



$$E = \frac{m \cdot g \cdot \tan 10^\circ}{q} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 9.8 \cdot \tan 10^\circ}{10 \cdot 10^{-9}} = 3.33 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

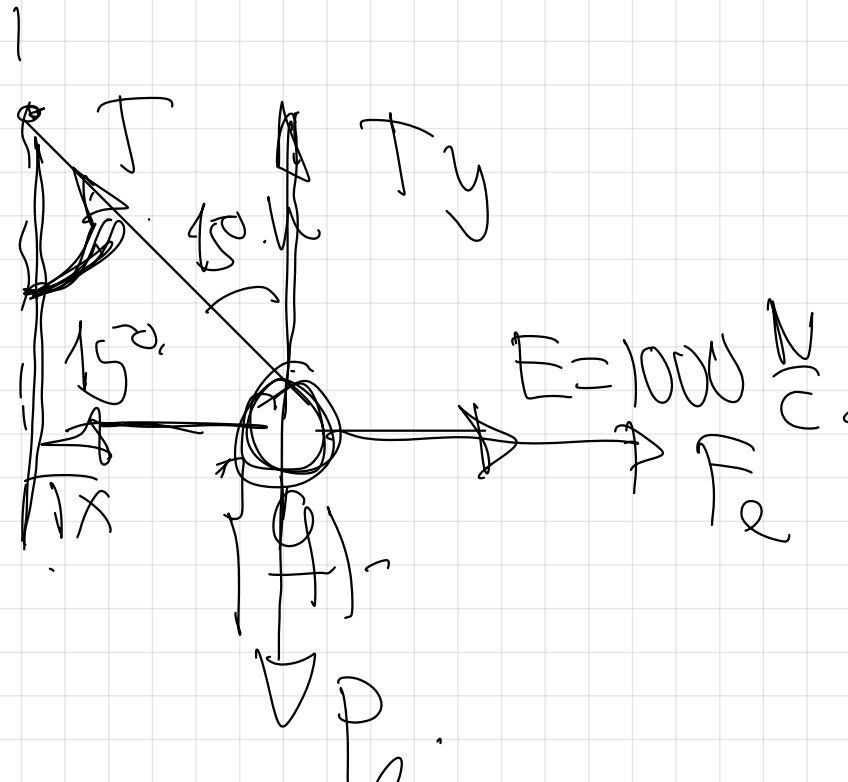
$$(V_A - V_B) = E \cdot d = 3.33 \cdot 10^5 \cdot 0.1 = 3.33 \cdot 10^4 \text{ V}$$

$10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$

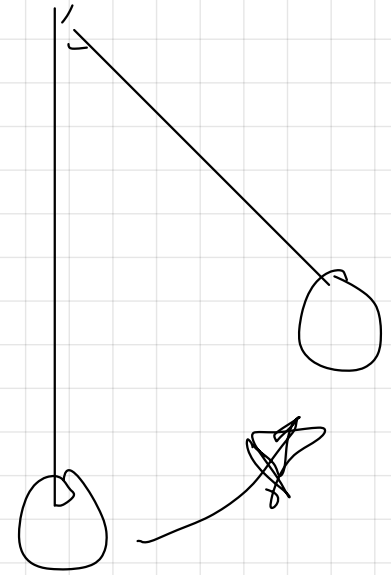
43.- Una bolita de plástico de 2 g se encuentra suspendida de un hilo de 20 cm de longitud y, al aplicar un campo eléctrico uniforme y horizontal de 1000 N C^{-1} , el hilo forma un ángulo de 15° con la vertical.

- Dibuje en un esquema el campo eléctrico y todas las fuerzas que actúan sobre la esfera y determine su carga eléctrica.
- Explique cómo cambia la energía potencial de la esfera al aplicar el campo eléctrico.

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



(a)



Al aplican
el campo
 $E \rightarrow$

$$T_x = F_e$$

$$T_y = P$$

$$T \cdot \sin 15^\circ = q \cdot E$$

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

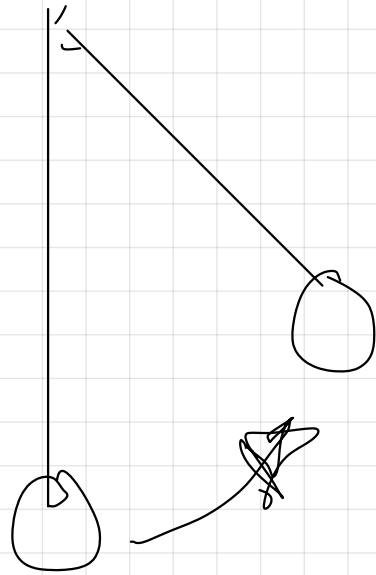
$$\tan 15^\circ = \frac{q \cdot E}{m \cdot g}$$

$$q = \frac{m \cdot g \cdot \tan 15^\circ}{E} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \tan 15^\circ}{1000 \frac{\text{N}}{\text{C}}}$$

$$\boxed{q = 5'4 \cdot 10^{-6} \text{ C}}$$

→ Solo he podido
calcular el valor
absoluto de la
carga.

(b)



Al aplicar
el campo
 $\vec{E}$.

$$\star E_p = m \cdot g \cdot h \star$$

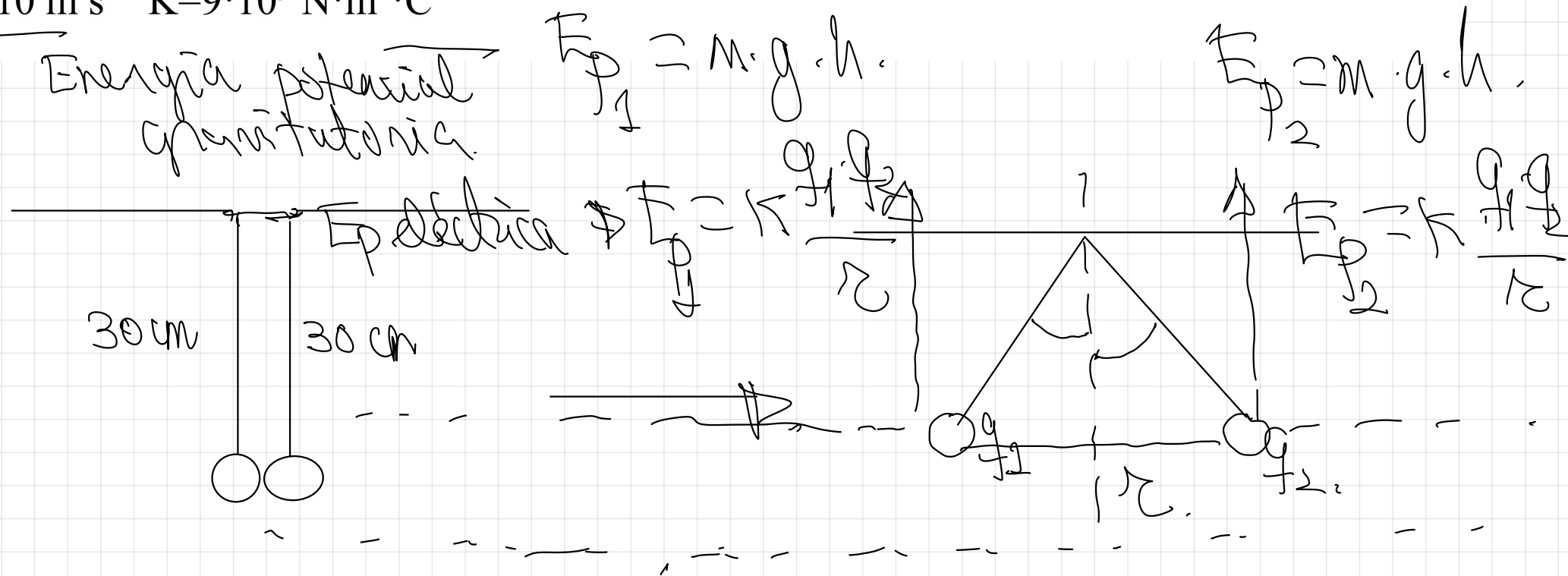
La energía potencial
gravitatoria ha
aumentado y el
aumento coincide
con la
disminución de
 E_p eléctrica.

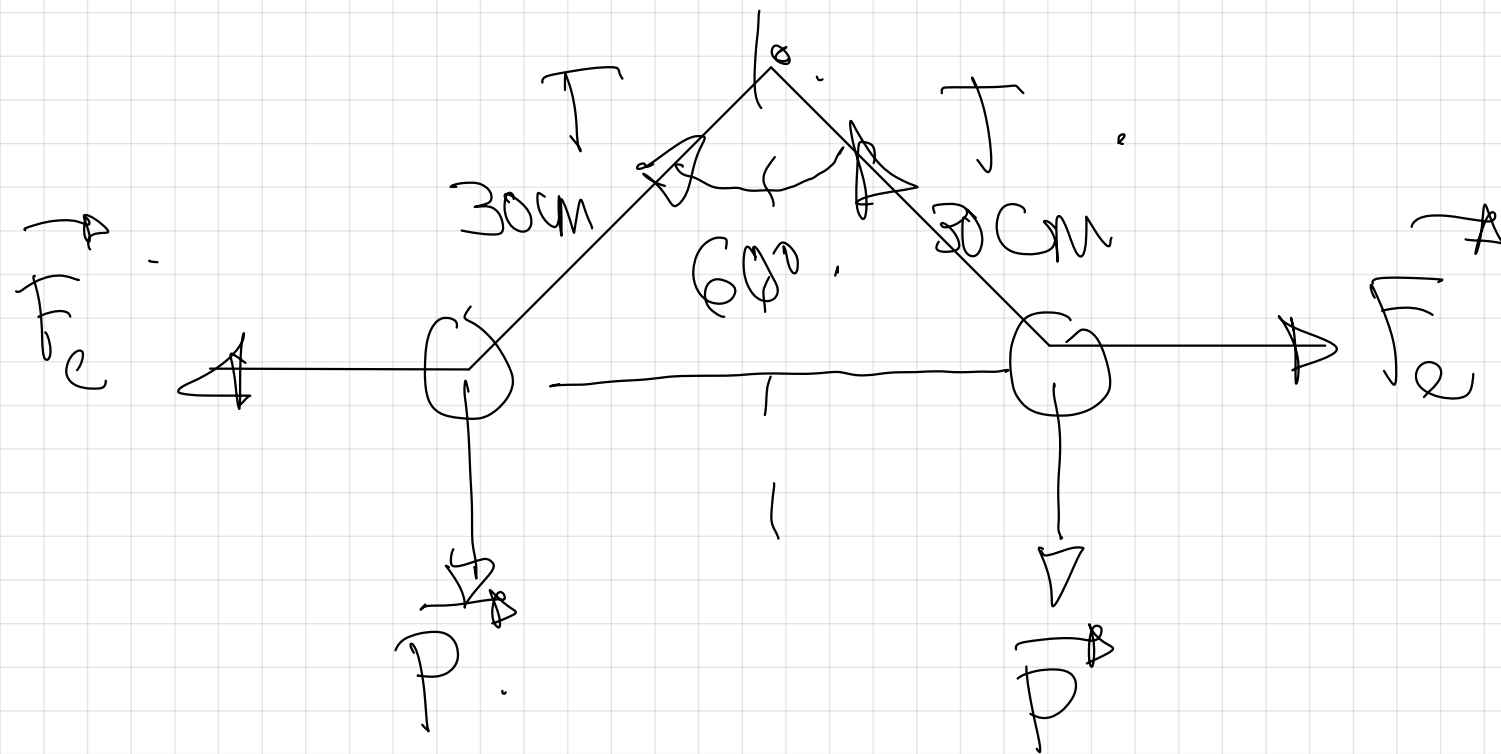
44.- Dos partículas de 10 g se encuentran suspendidas por dos hilos de 30 cm desde un mismo punto. Si se les suministra a ambas partículas la misma carga se separan de modo que los hilos forman entre si un ángulo de 60°

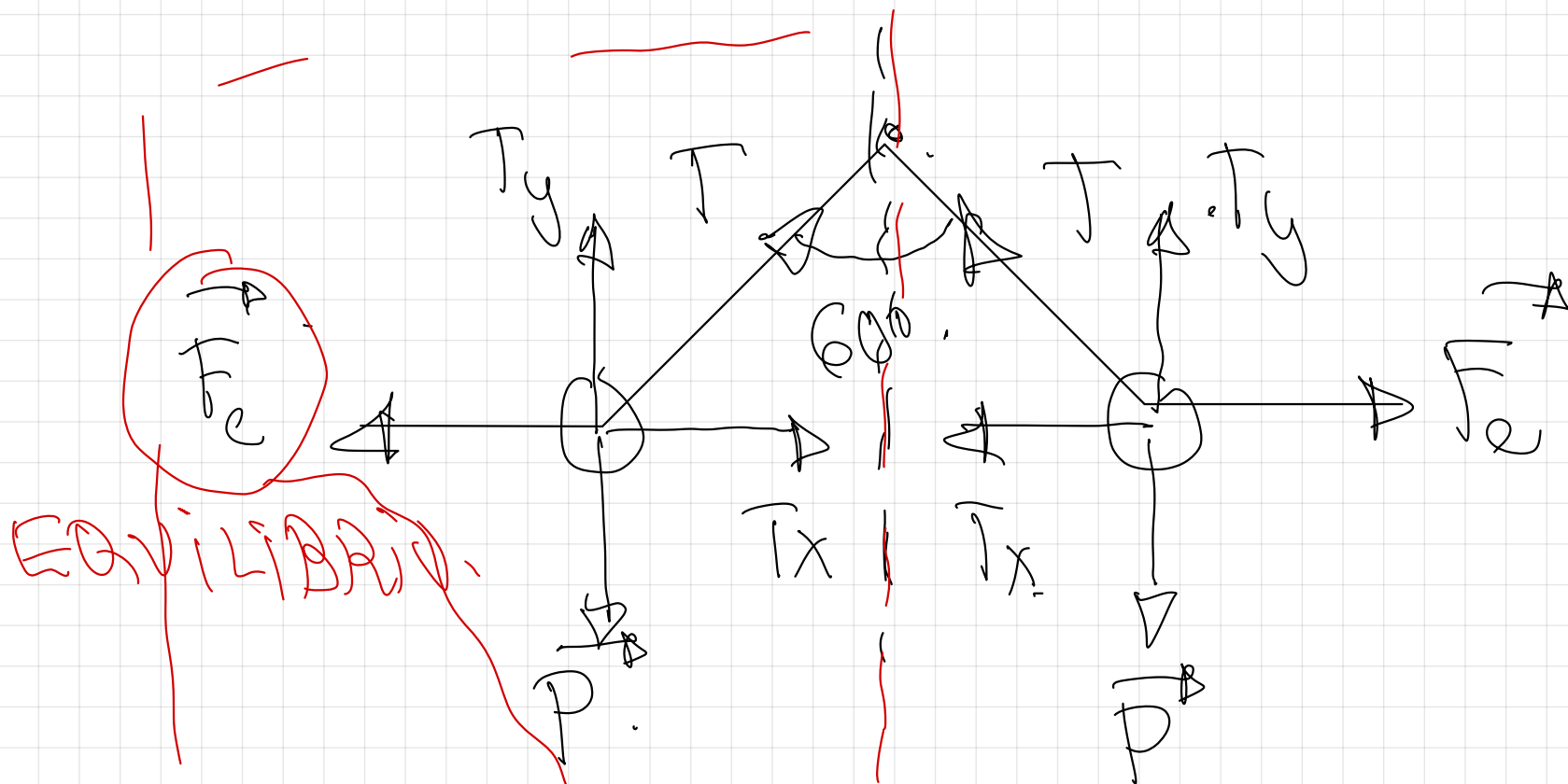
a) Dibuja en un diagrama las fuerzas que actúan sobre las partículas y analiza la energía del sistema en esa situación

b) Calcula el valor de la carga que se le suministra a cada partícula

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







EQUILIBRIUM.

by de Coulomb

$$T_x = F_e$$

$$T_y = P$$

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



$$T \cdot \sin 30^\circ = \boxed{F_e}$$

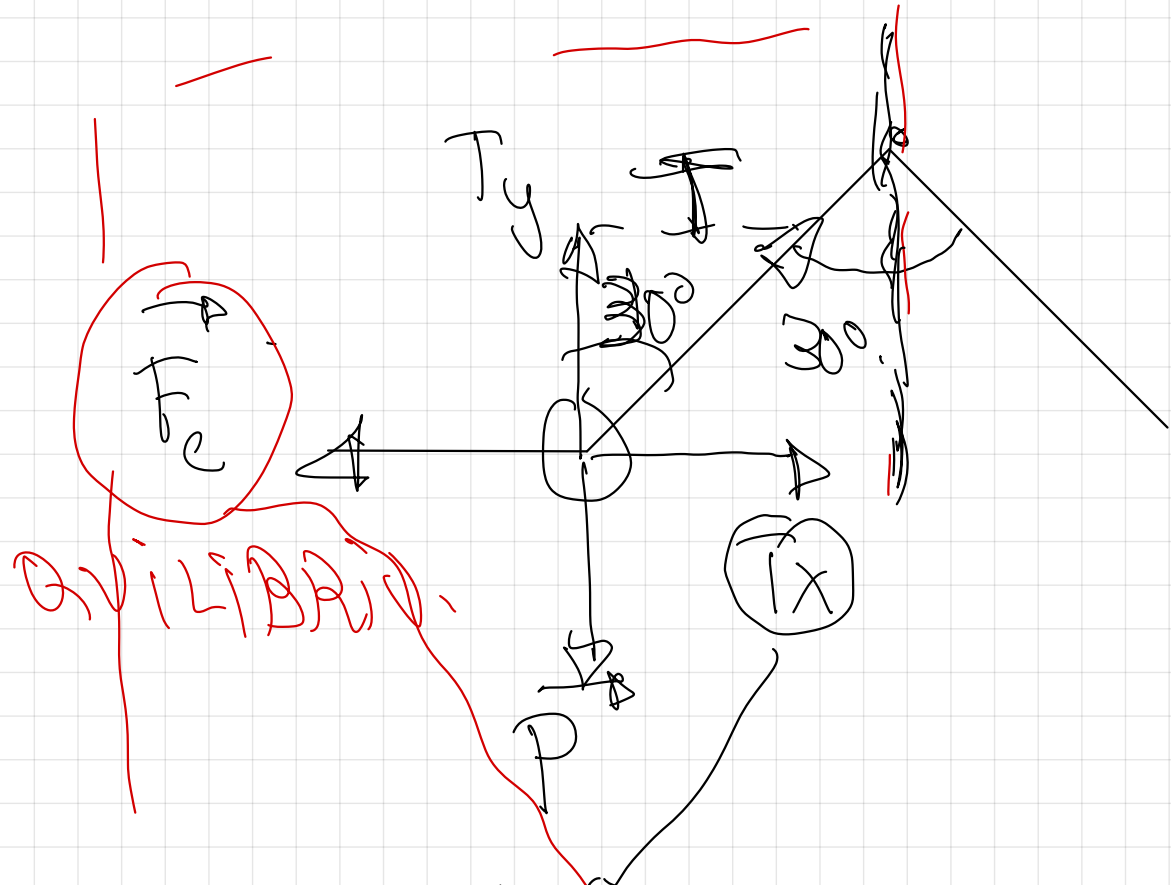
$$T \cdot \cos 30^\circ = m \cdot g$$

$$\tan 30^\circ = \frac{\boxed{F_e}}{m \cdot g}$$

$$F_e = m \cdot g \cdot \tan 30^\circ$$

$$F_e = 10 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot \tan 30^\circ$$

$$\boxed{F_e = 5.77 \cdot 10^2 \text{ N}}$$



Equilibrium.

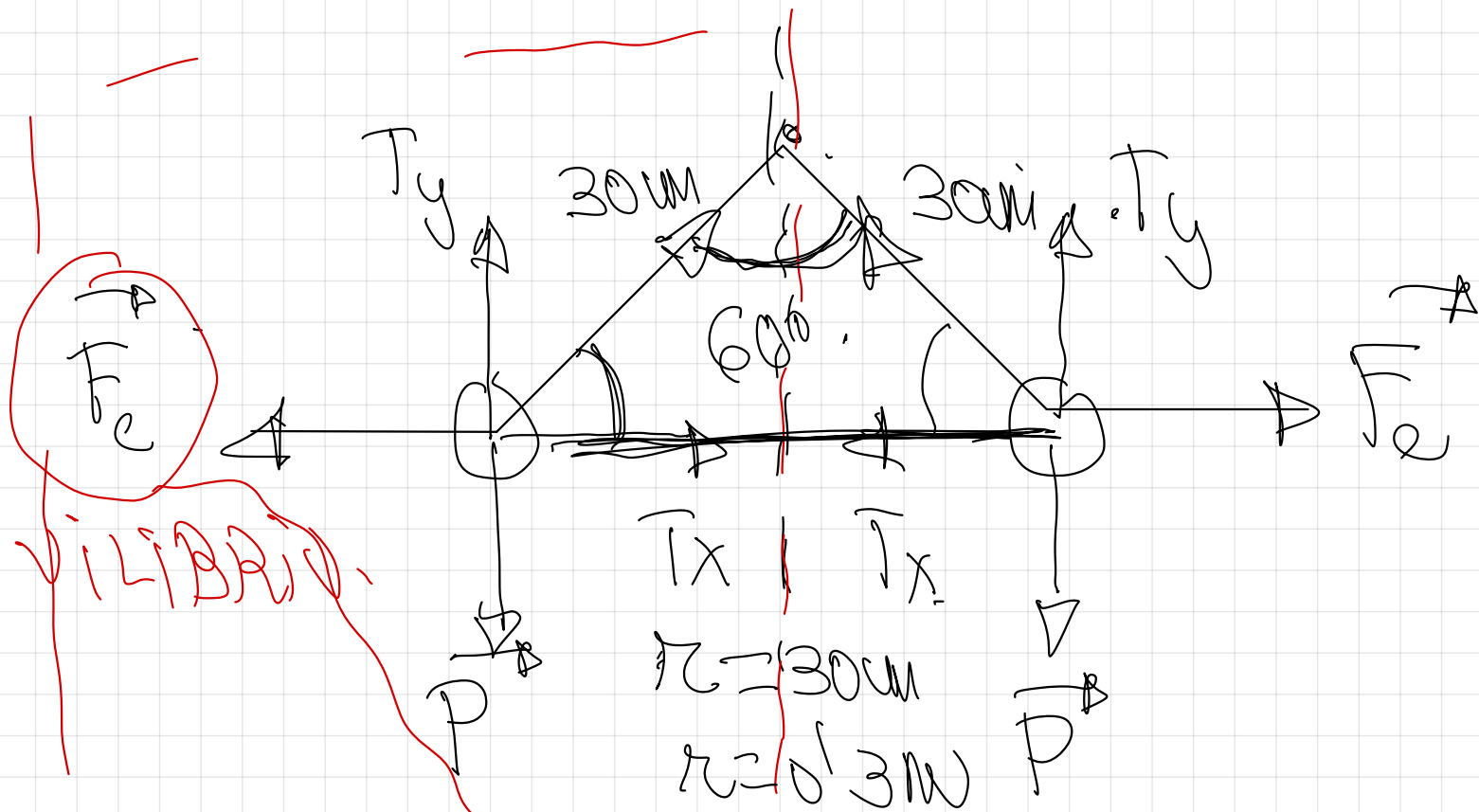
$$\sin 30^\circ =$$

cat. parents

hypotenuse,

$$\sin 30^\circ = \frac{T_x}{T}$$

$$T_x = T \cdot \sin 30^\circ$$



$$F_c = K \cdot \frac{\varphi^2}{r^2} \Rightarrow \sqrt{\frac{F_c \cdot r^2}{K}} = \varphi$$

$$Q = \sqrt{\frac{F_e \cdot r^2}{k}} = \sqrt{\frac{5.77 \cdot 10^{-2} \cdot (0.3)^2}{9 \cdot 10^9}} = \boxed{7.6 \cdot 10^{-7} \text{ C}}$$


 No podemos saber se realmente
 isso hemos calculado seu valor
 absoluto.

8.- Se tienen dos cargas idénticas $q_1=q_2=-4 \cdot 10^{-6} \text{C}$ situadas en los puntos $(-2,0) \text{ m}$ y $(2,0) \text{ m}$, respectivamente.

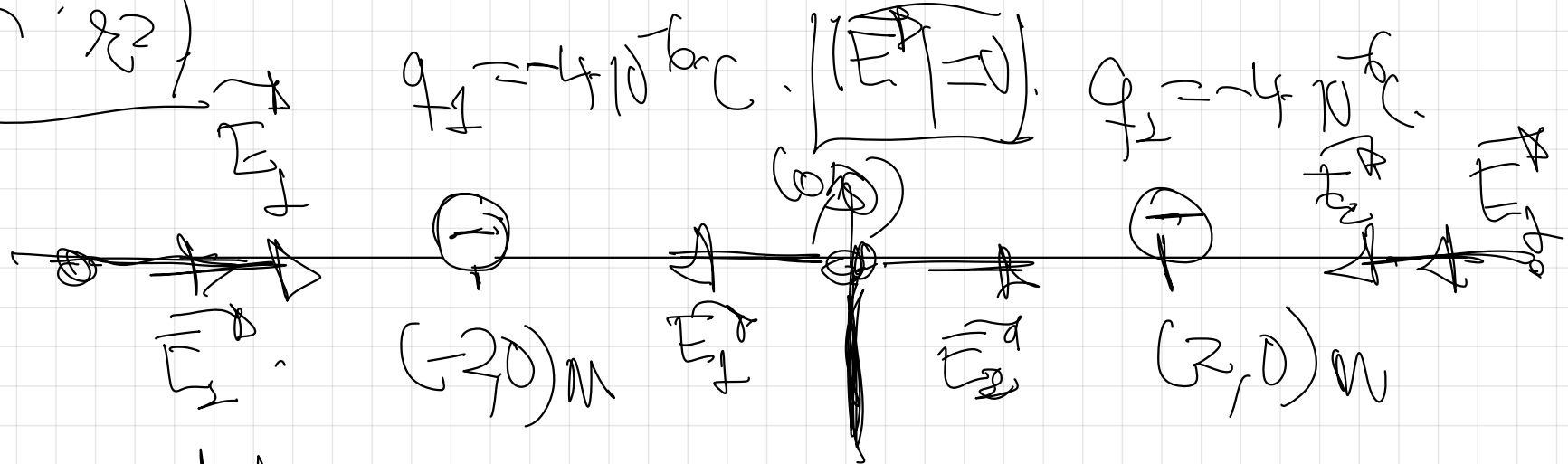
a) Determina, razonadamente, en qué punto es nula la intensidad del campo que crean

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

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = \frac{1}{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} = \boxed{9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}}$$

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



mismo sentido
 $E \neq 0$

Principio de superposición.

Princípio da superposição $\ominus$

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

$$V = V_1 + V_2 = k \cdot \frac{q_1}{r_1} + k \cdot \frac{q_2}{r_2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-4 \cdot 10^{-6}}{2} + 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-4 \cdot 10^{-6}}{2} = \underline{\underline{-36 \cdot 10^4 \text{ V}}}$$

(Mirar en el libro)

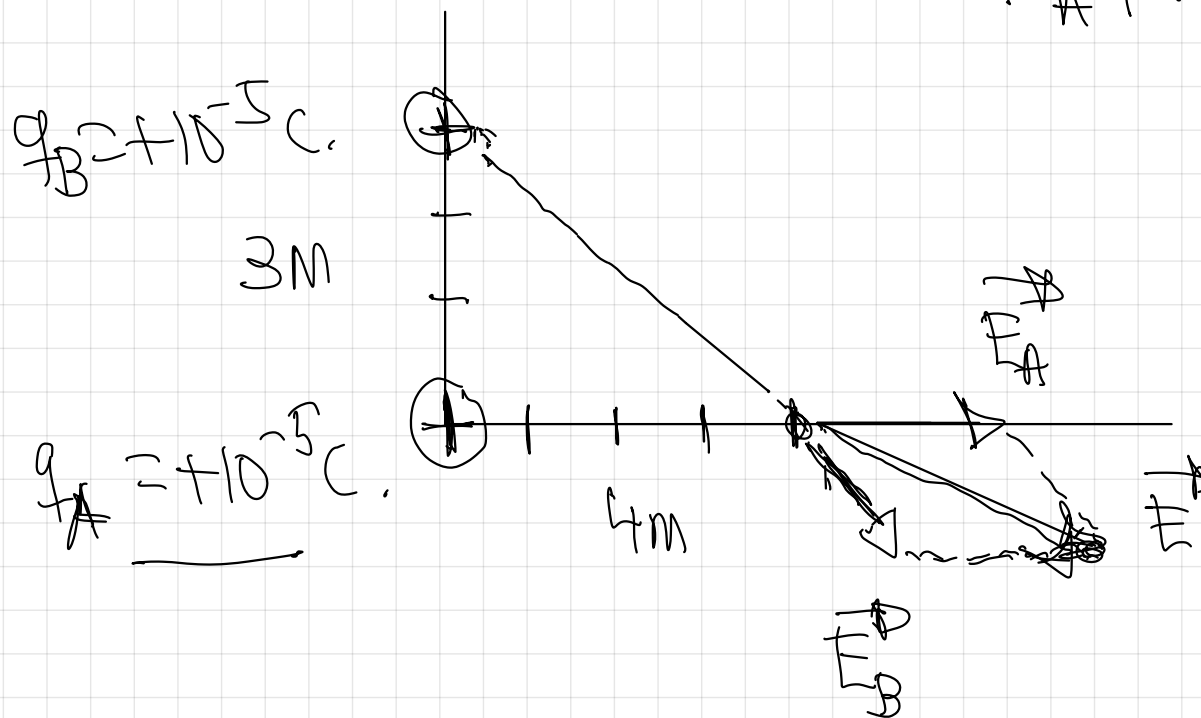
pag 66

41.- Dos cargas puntuales iguales de $+10^{-5}$ C, se encuentran en el vacío, fijas en los puntos A (0,0) m y B(0,3) m

a) Calcule el campo y el potencial electrostáticos en el punto C (4,0) m

b) Si abandonáramos otra carga puntual de $+10^{-7}$ C en el punto C (4,0) m, ¿cómo se movería?. Justifique la respuesta.

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



$$|E_A| = K \cdot \frac{|q_A|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-5}}{4^2}$$

$$|E_A| = 5625 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

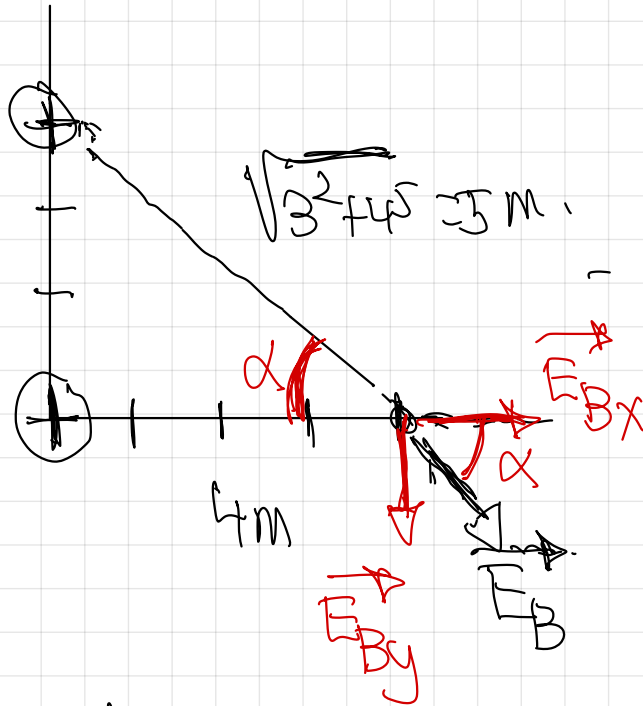
$$E_A = +5625 \cdot \vec{e} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

$$E = E_A + E_B$$

$$q_B = +10^{-5} \text{ C.}$$

3m

$$q_A = +10^{-5} \text{ C.}$$



$$\sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

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

$$|\vec{E}_B| = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-5}}{5^2}$$

$$|\vec{E}_B| = 3600 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\sin \alpha = \frac{|\vec{E}_{By}|}{|\vec{E}_B|} \Rightarrow |\vec{E}_{By}| = |\vec{E}_B| \sin \alpha$$

$$|\vec{E}_{By}| = 3600 \cdot \frac{3}{5}$$

$$|\vec{E}_{By}| = 2160 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E}_{By} = -2160 \hat{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

$$\cos \alpha = \frac{|\vec{E}_{Bx}|}{|\vec{E}_B|} \Rightarrow |\vec{E}_{Bx}| = |\vec{E}_B| \cdot \cos \alpha.$$

$$|\vec{E}_{Bx}| = 3600 \cdot \frac{4}{5}$$

$$|\vec{E}_{Bx}| = 2880 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\boxed{|\vec{E}_{Bx}| = 2880 \frac{\text{N}}{\text{C}}}$$

$$\vec{E}_2 = 2880 \vec{i} - 2160 \vec{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right).$$

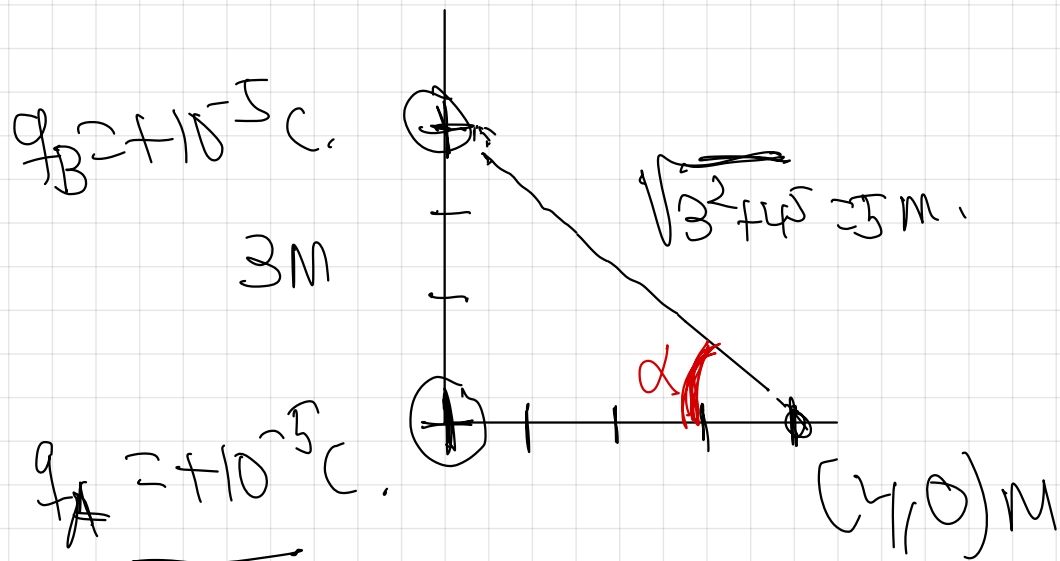
$$\vec{E}_A = 5625 \vec{i}.$$

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_2 = 8505 \vec{i} - 2160 \vec{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right).$$

Calcular su módulo sería sencillo, bastaría con hacer

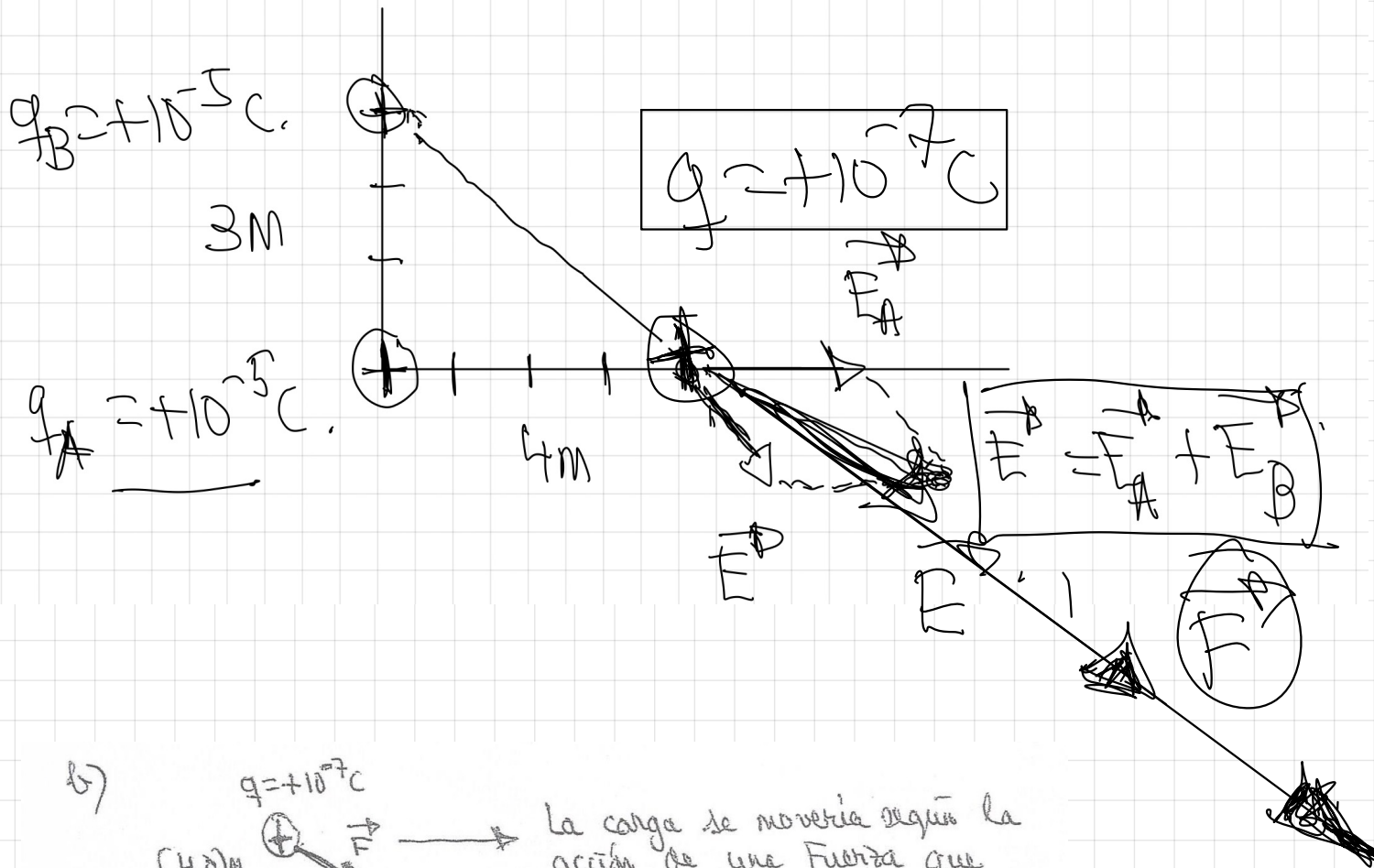
$$|\vec{E}| = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(8505)^2 + (-2160)^2}$$

$$|\vec{E}| = 8775 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

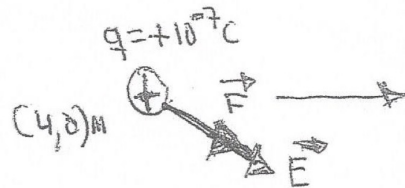


$$V_{(4,0)\text{m}} = V_A + V_B = k \cdot \frac{q_A}{r_A} + k \cdot \frac{q_B}{r_B} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{7 \cdot 10^{-5}}{4} + 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{7 \cdot 10^{-5}}{5}$$

$$V_{(4,0)\text{m}} = 22500 \text{ V} + 18000 \text{ V} = 40500 \text{ V}$$



b)



La fuerza que aleja espontáneamente a esta carga positiva de las otras dos que crean el campo se puede calcular:

$$|\vec{F}| = |q| \cdot |\vec{E}| = 10^{-7} \text{ C} \cdot 8775 \frac{\text{N}}{\text{C}} = 8775 \cdot 10^{-4} \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} = 10^{-7} (8505\hat{i} - 2160\hat{j}) = 8505 \cdot 10^{-4} \hat{i} - 2160 \cdot 10^{-4} \hat{j} \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$$

La carga se movería según la acción de una fuerza que seguiría la misma dirección y sentido que el campo eléctrico $\vec{E}$ calculado en a) debido a que las cargas positivas se mueven siguiendo la misma dirección y sentido que $\vec{E}$ (calculado con ese criterio) alejándose espontáneamente por acción de esta fuerza de las otras dos cargas positivas creadoras de campo.