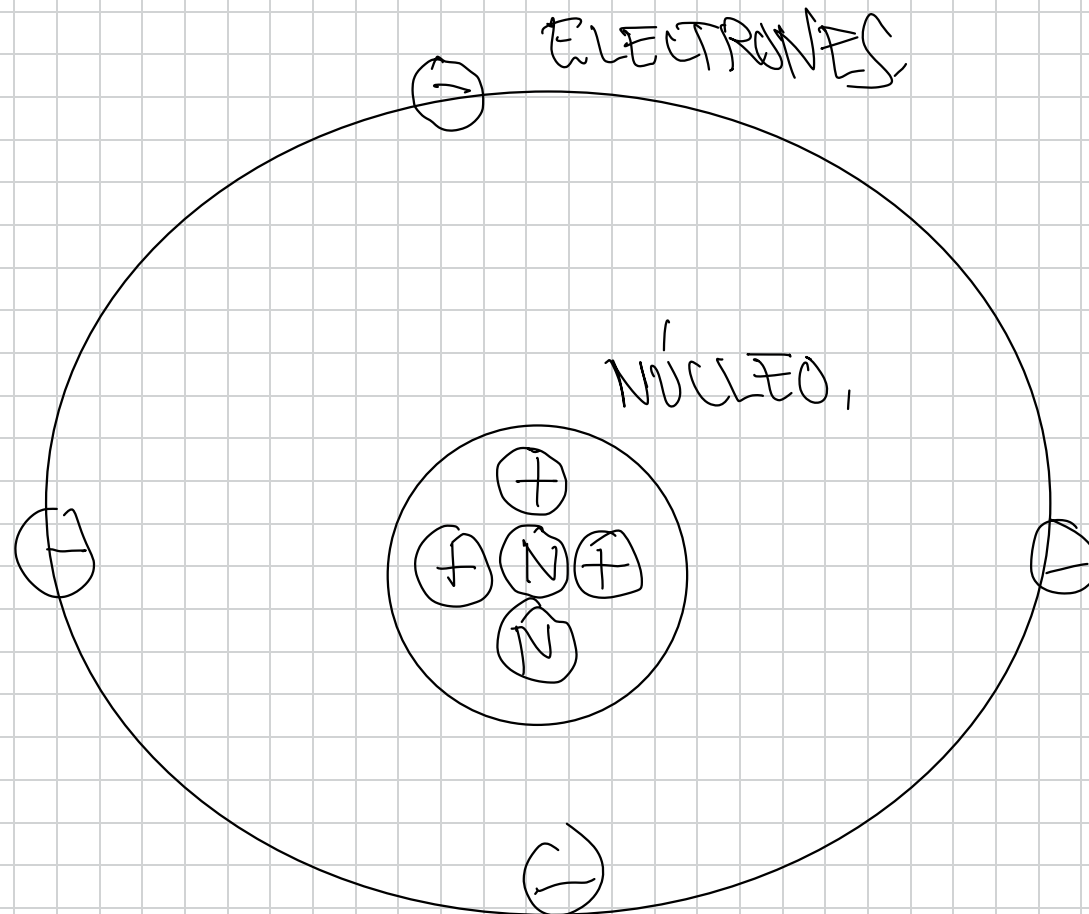


pag 39

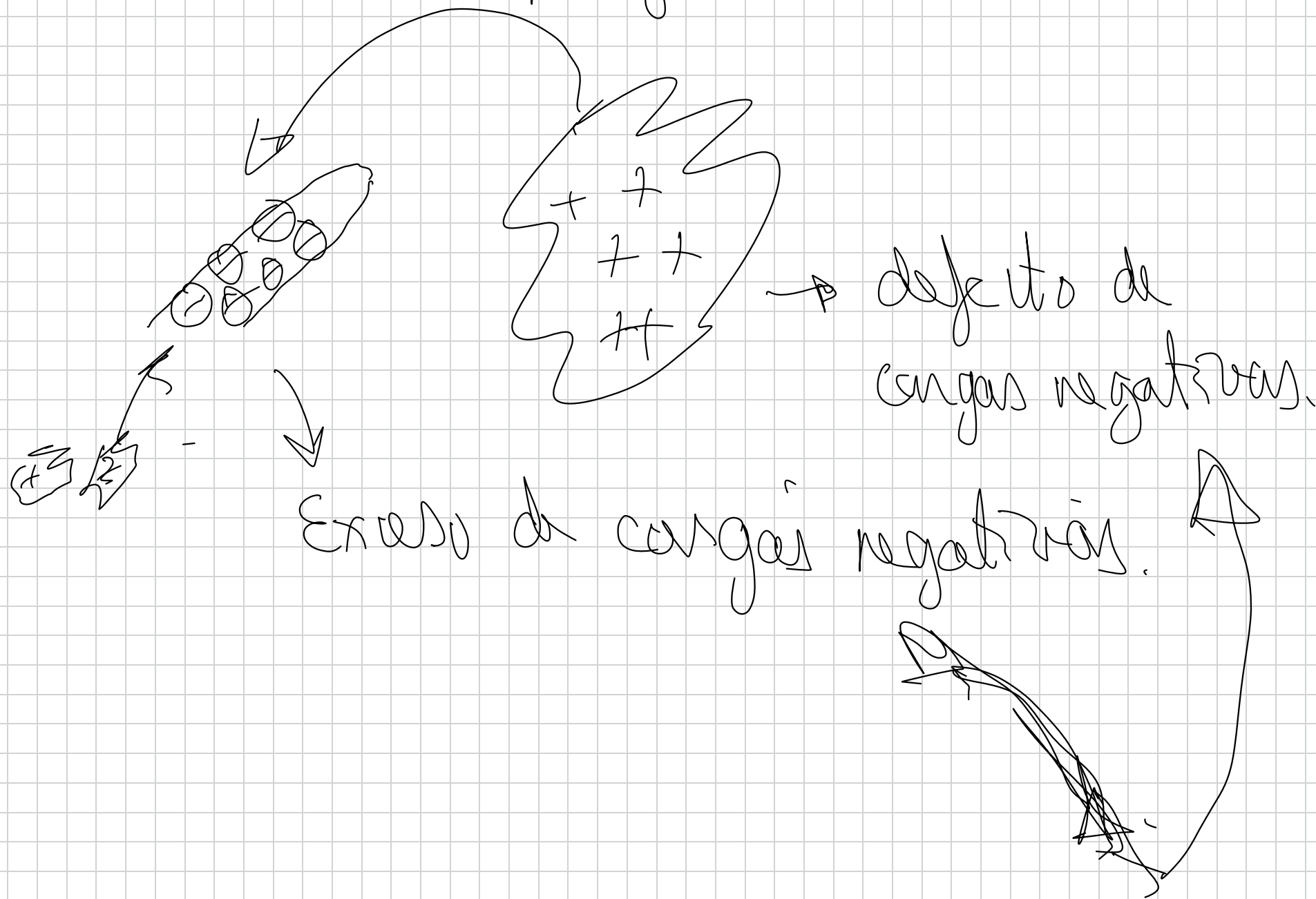
CAMPO ELÉCTRICO.

1.- FENÓMENOS ELECTROSTÁTICOS. CARGA ELÉCTRICA. PROPIEDADES.

La materia está constituida por átomos que constan de un núcleo en el que se localizan



Electrificación por frotamiento



Propiedades de la carga.

①

La carga no se crea ni se destruye
solo pasa de unos cuerpos a otros.

②

La carga está cuantizada.

50

50

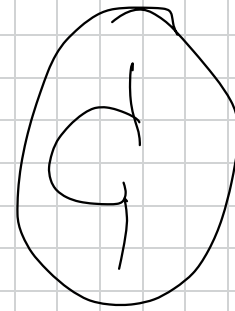
50

50

50 cent.
~~70 cent.~~
1 €
~~1,35 €~~
1,50 €

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

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

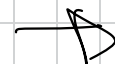


$$+ 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$



carga de 1
protón.

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



carga de 1
electrón.

$$Q \approx \pm n - 2.$$

Na

$$Q \approx \pm 1 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Na^+

$$Q \approx \pm 2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Ca^{2+}

$$Q \approx \pm 3 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot \text{Al}^{3+}$$

~~$\text{Be}^{+2.5}$~~

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

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

$$Q = \pm 1 \cdot e$$

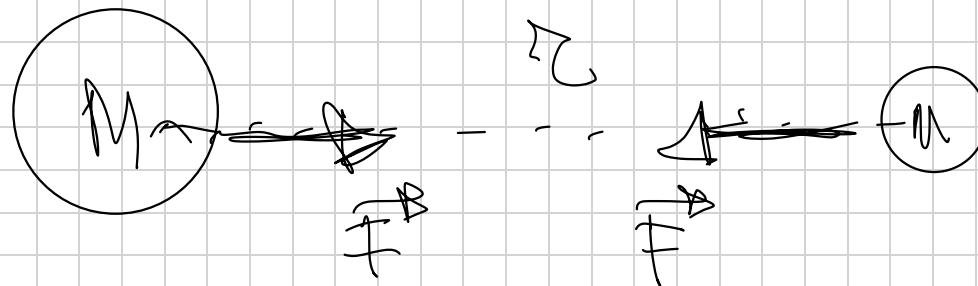
$$Q = \pm 2 \cdot e$$~~

$$Q = -1 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$Q = -2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} =$$

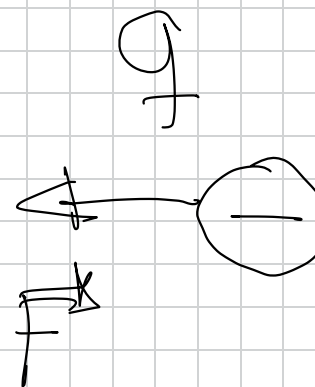
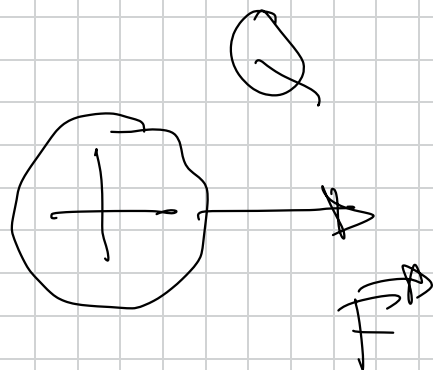
$$= -3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

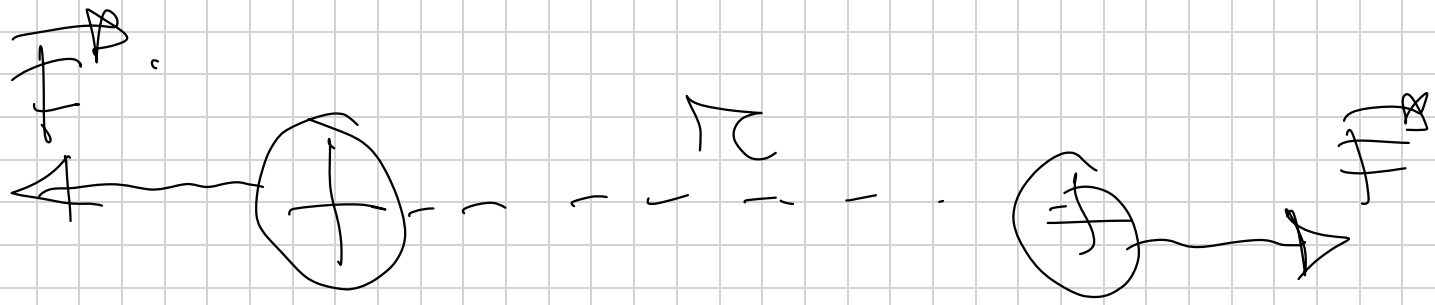
2: Fuerza entre dos Cargas en reposo,
- Ley de Coulomb.



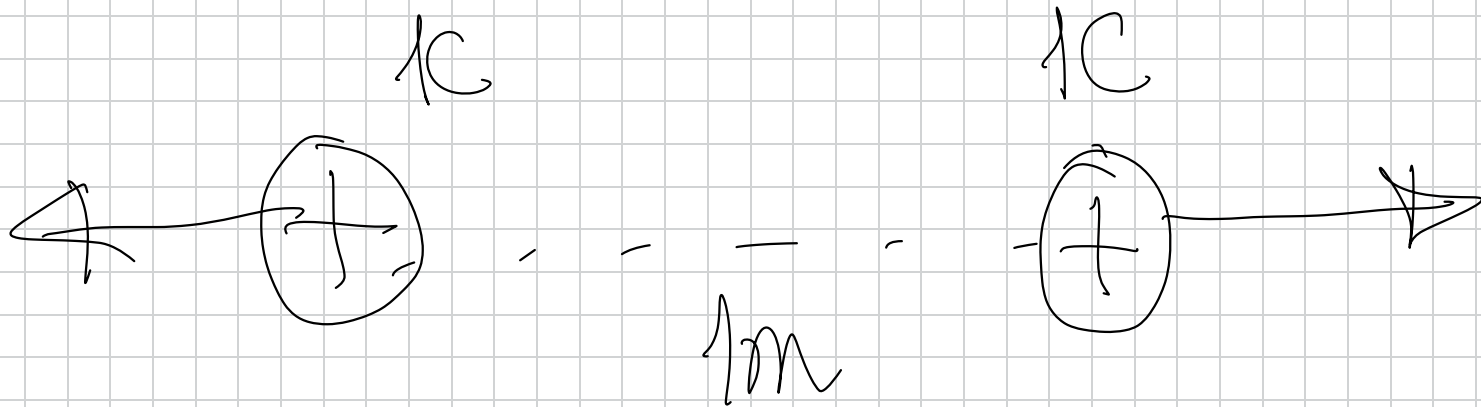
$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

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





$$F = K \frac{Q \cdot q}{r^2} \quad \left\{ K = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right.$$



$$F = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2} = \left[9 \cdot 10^9 \text{ N} \right]$$

Diagram illustrating the calculation of the electrostatic force F between two point charges Q and q separated by a distance r . The charges are labeled $1C$ and $1C$. The distance r is labeled $1m$. The constant k is given as $9 \cdot 10^9$.

Normalmente se utilizan submúltiplos del coulombio.

$1C$

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

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

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

$\text{p C} = \text{picoculombio} = 10^{-12}\text{ C}$

pag 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?.

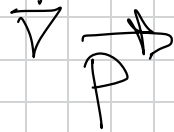
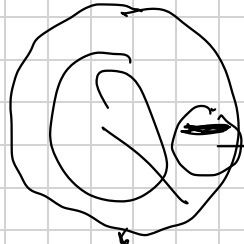
$g=9,8\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, $K=9\cdot 10^9\text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}$

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

50 cm

$$50 \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0.5 \text{ m}$$

$$g = 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



$$q = +10^{-6} \text{ C}$$

$$m = 100 \text{ g} = 0.1 \text{ kg}$$

by de
Coulomb.

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

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

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

$$|Q| = \frac{0.1 \text{ kg} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (0.5 \text{ m})^2}{9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot 10^{-6} \text{ C}} = 2.7 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

(valor absoluto)

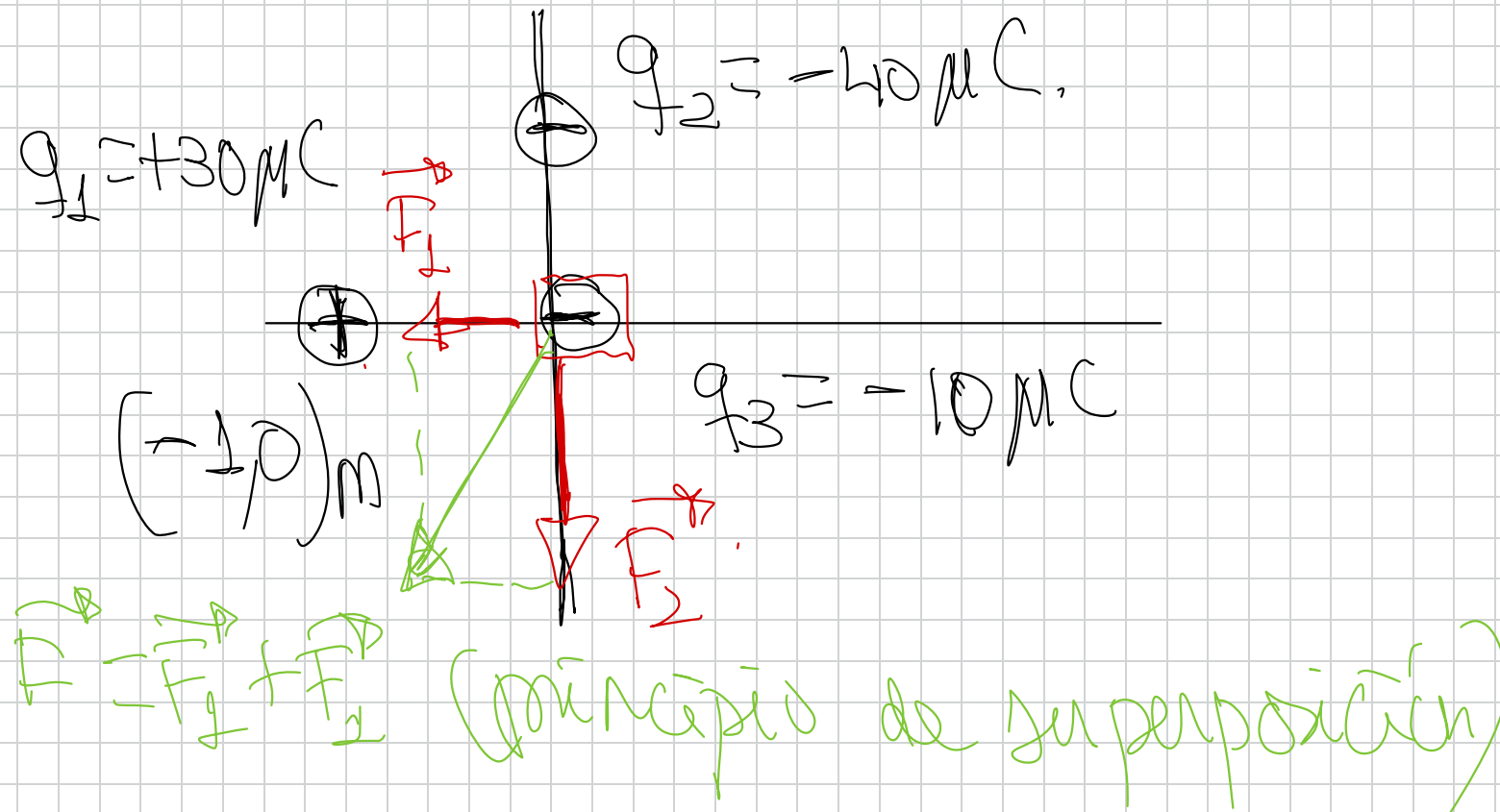
¡OJO! El valor de $Q = -2.7 \cdot 10^{-5} \text{ C}$,
para que se produzca atracción
con q .

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

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



1º Calculamos el módulo, ¡ojo!
valores absolutos.

$$|\vec{F}_1| = k \frac{|q_1| \cdot |q_3|}{r_1^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{30 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{1^2}$$

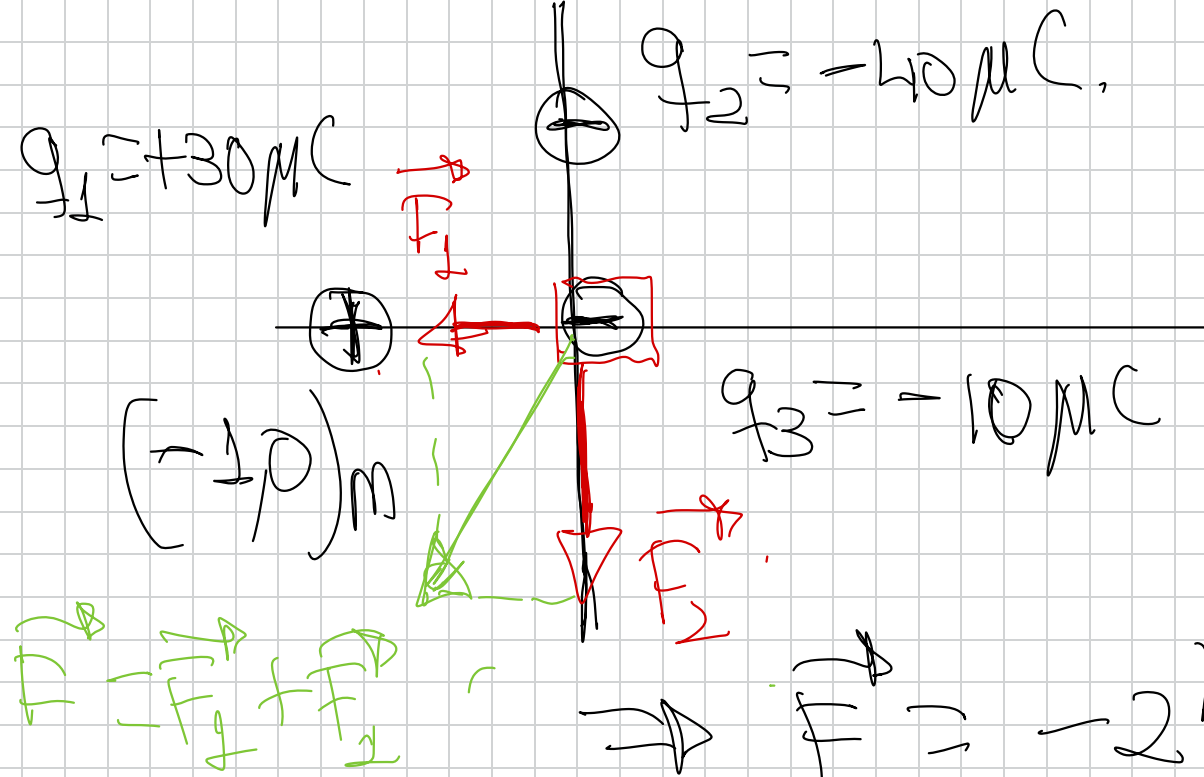
$$|\vec{F}_1| = 2.7 \text{ N.}$$

$$\vec{F}_1 = -2.7 \vec{u} \text{ (N)}$$

$$|\vec{F}_2| = k \cdot \frac{|q_2| \cdot |q_3|}{r_2^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{1^2}$$

$$|\vec{F}_2| = 3.6 \text{ N}$$

$$\vec{F}_2 = -3.6 \vec{u} \text{ (N)}$$



$$\Rightarrow \vec{F} = -217 \hat{i} - 316 \hat{j} \text{ (N)}$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{(217)^2 + (316)^2} = 415 \text{ N}$$

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)?

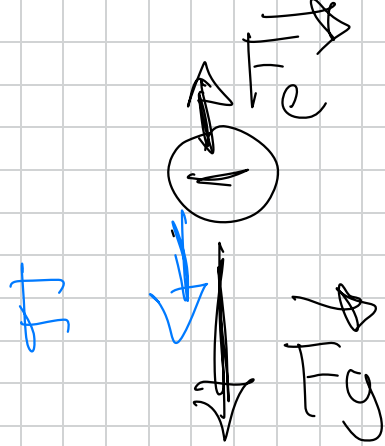
$K=9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$, $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$

$m_2 = 20 \text{ Kg}$
 $q_2 = -100 \cdot 10^{-12} \text{ C}$
 $(0,1) \text{ m}$
 $\vec{F} = \vec{F}_g + \vec{F}_e$
 $|\vec{F}_g| = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{10 \cdot 20}{1^2}$
 $|\vec{F}_g| = 1,33 \cdot 10^{-8} \text{ N}$
 $\vec{F}_g = -1,33 \cdot 10^{-8} \text{ N}$
 $m_1 = 10 \text{ Kg}$
 $q_1 = -1 \cdot 10^{-9} \text{ C}$
 $(0,0) \text{ m}$

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

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

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



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

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

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

$$|\vec{F}| = 124 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

$$|\vec{F}| = |\vec{F}_g| - |\vec{F}_e| = 133 \cdot 10^{-8} - 9 \cdot 10^{-10} = 124 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

b)

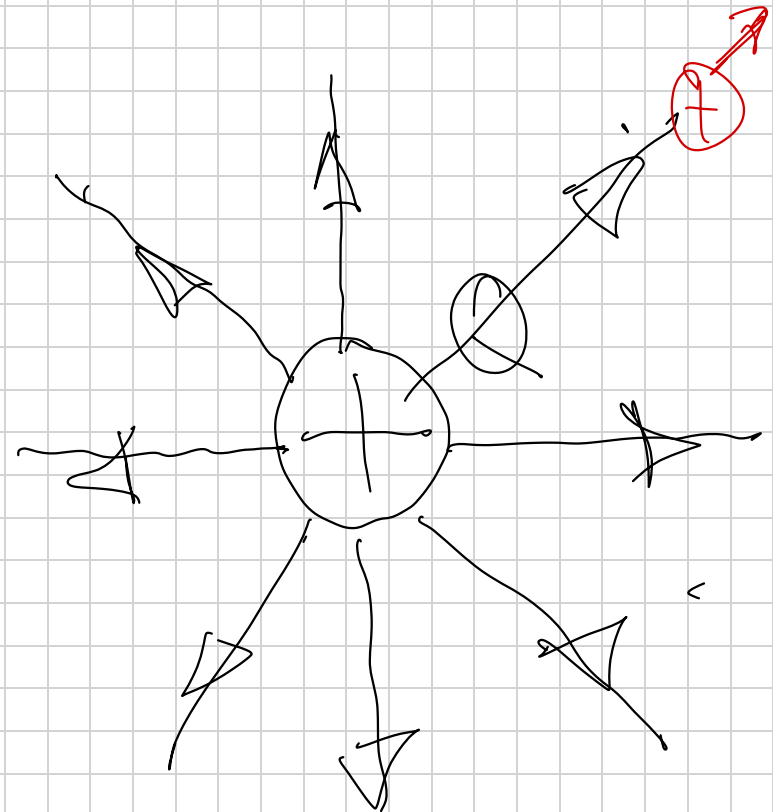
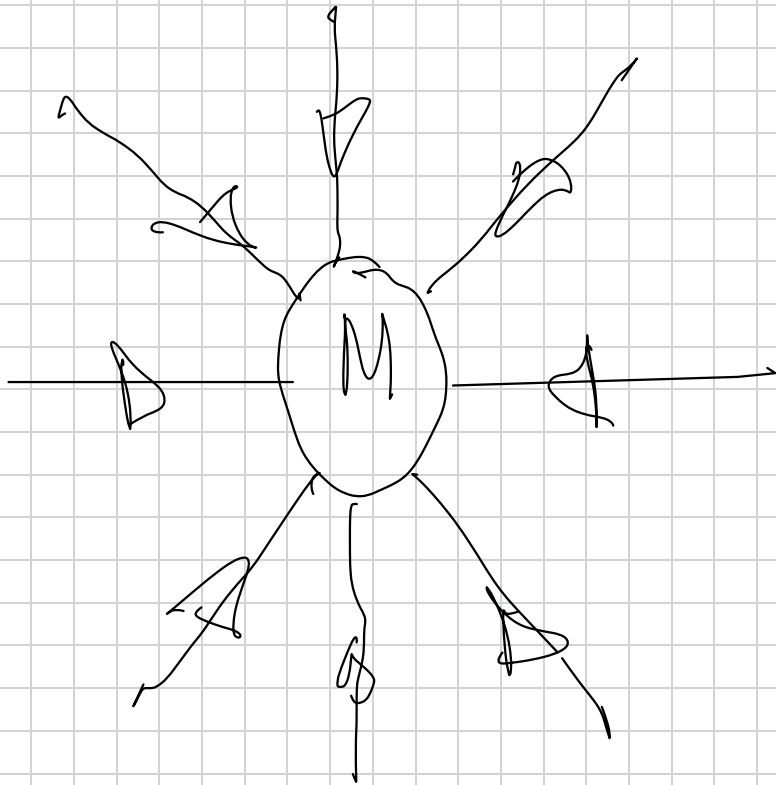
$$\frac{|F_e|}{|F_g|} = \frac{K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}}{G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}} = \frac{K [q_1] [q_2]}{G M_1 \cdot M_2} = 0.068.$$

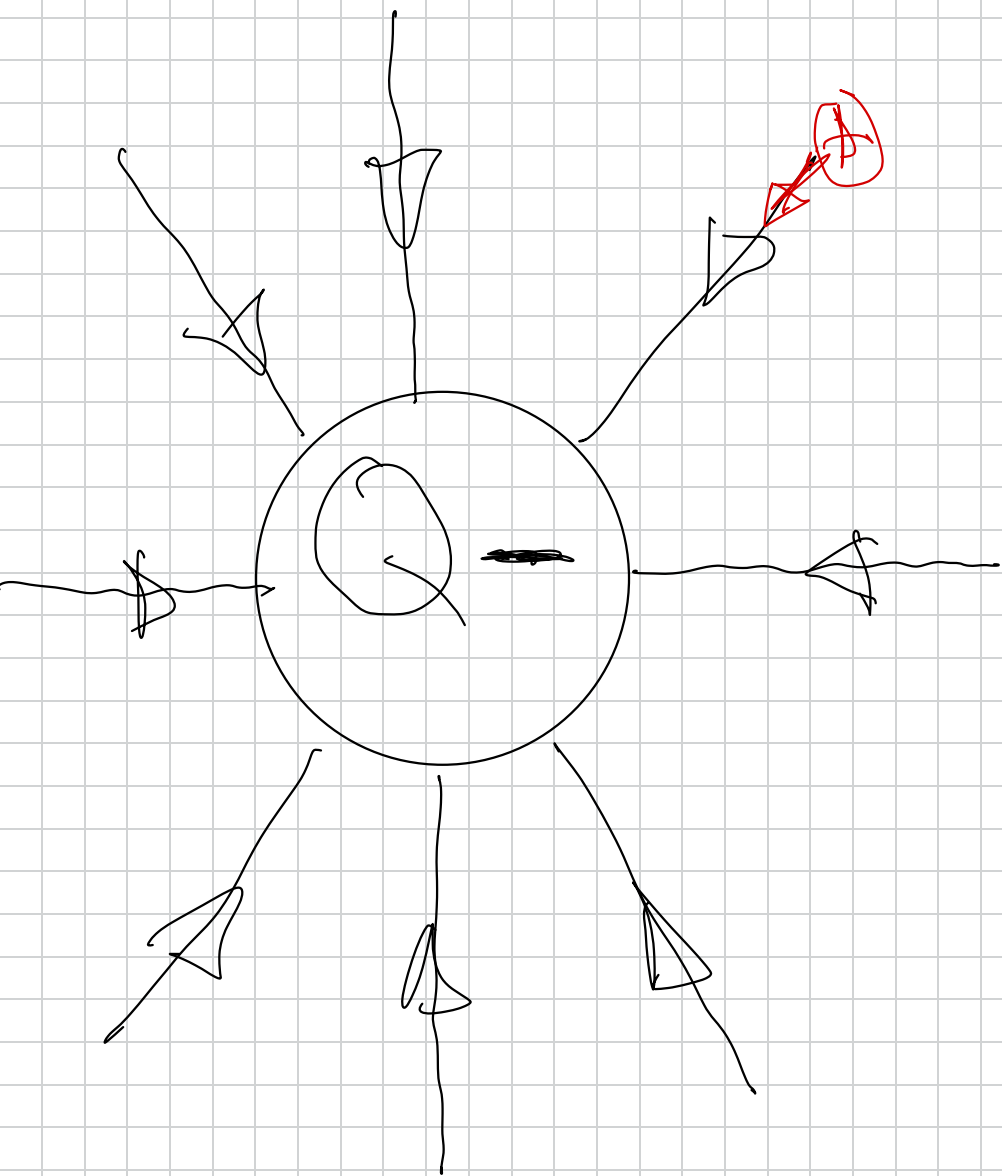
c)

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

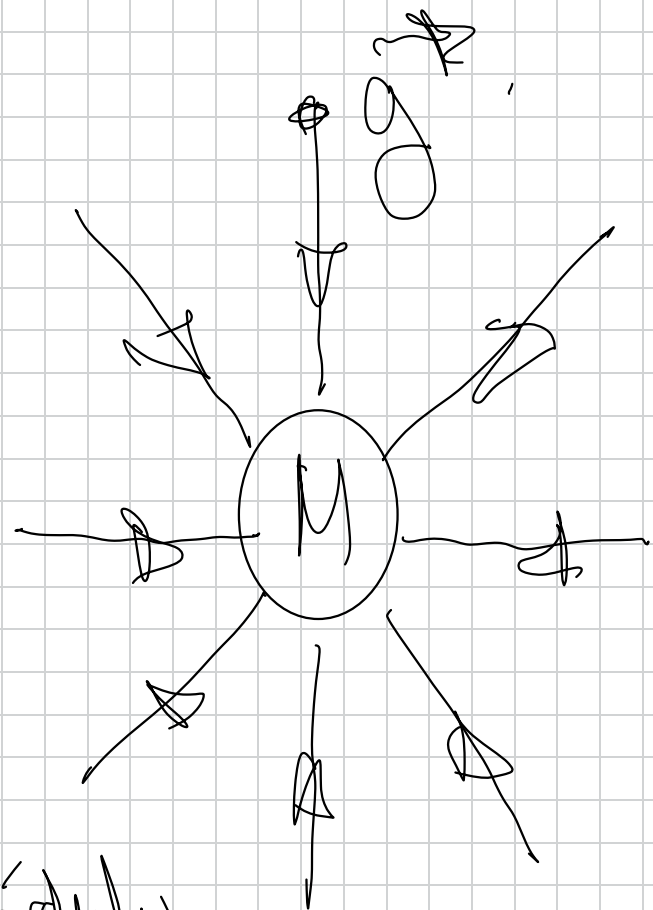
Pag 41,

4.- El campo eléctrico $\vec{E}$, Intensidad
del campo eléctrico.





Lineas de campo eléctrico
hipotéticas frange varias
que requieren una carga
q **POSITIVA**
abandonada en reposo
en dicho campo,

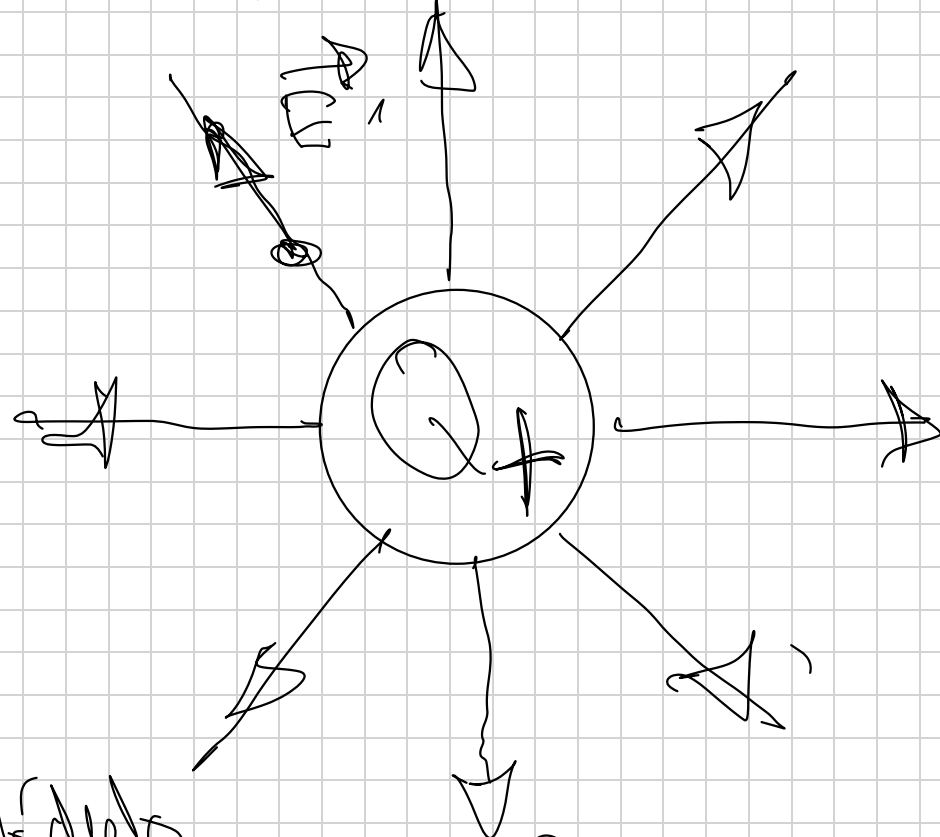


Módulo

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

$\left(\frac{M}{Kg} \right)$
 $\left(\frac{m}{kg} \right)$

Campo eléctrico E



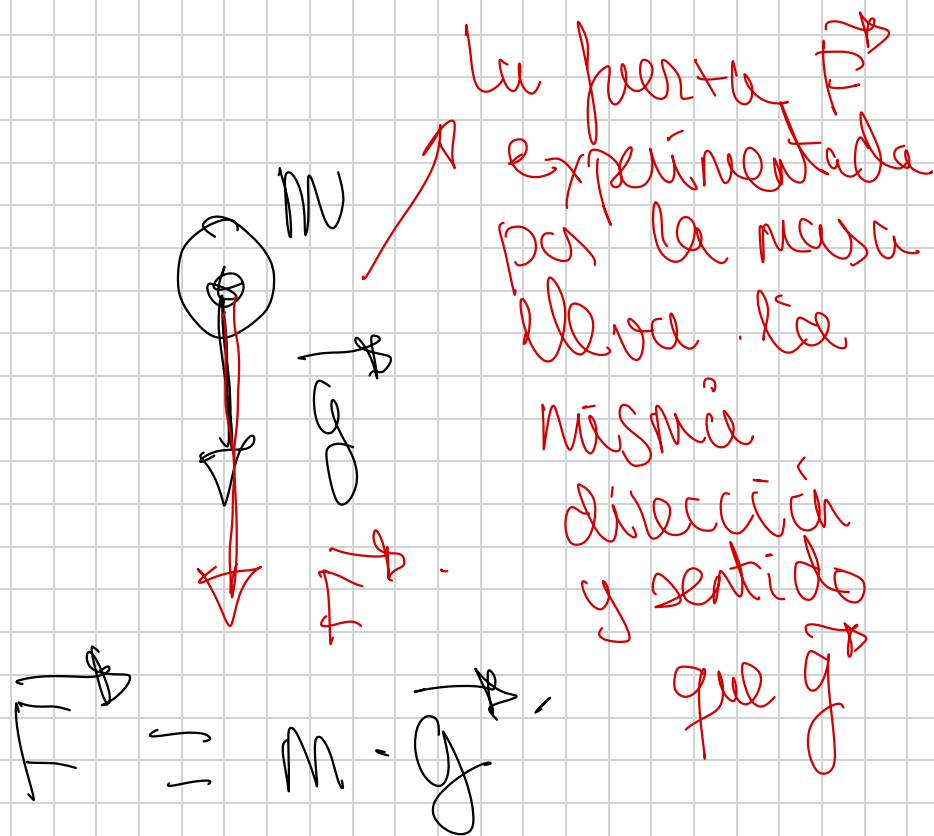
Módulo

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

$\left(\frac{Q}{C} \right)$
 $\left(\frac{q}{C} \right)$

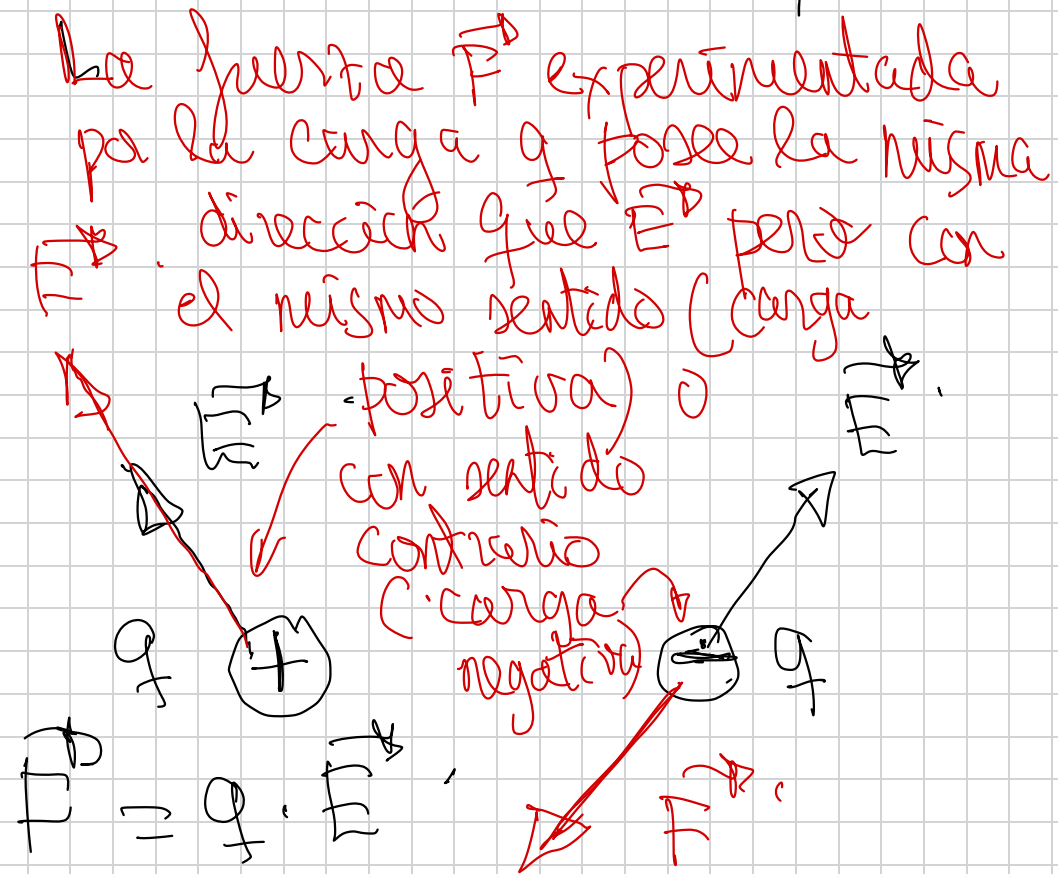
Dirección: tangente a
las líneas de campo.

Sentido: el de las
líneas de campo.



Dirección: tangente a
las líneas de campo.

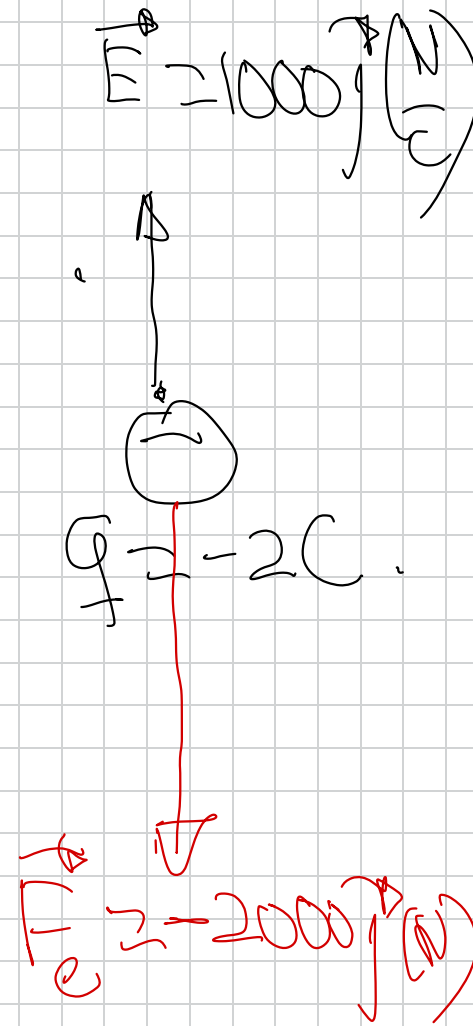
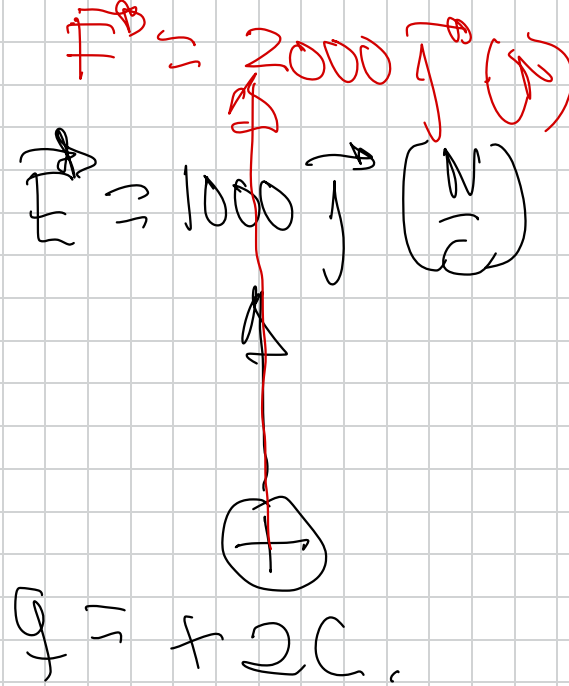
Sentido: el de las
líneas de campo.



$$|F| = |g| \cdot |E|$$

$$|F| = 20 \cdot 1000 \frac{N}{s}$$

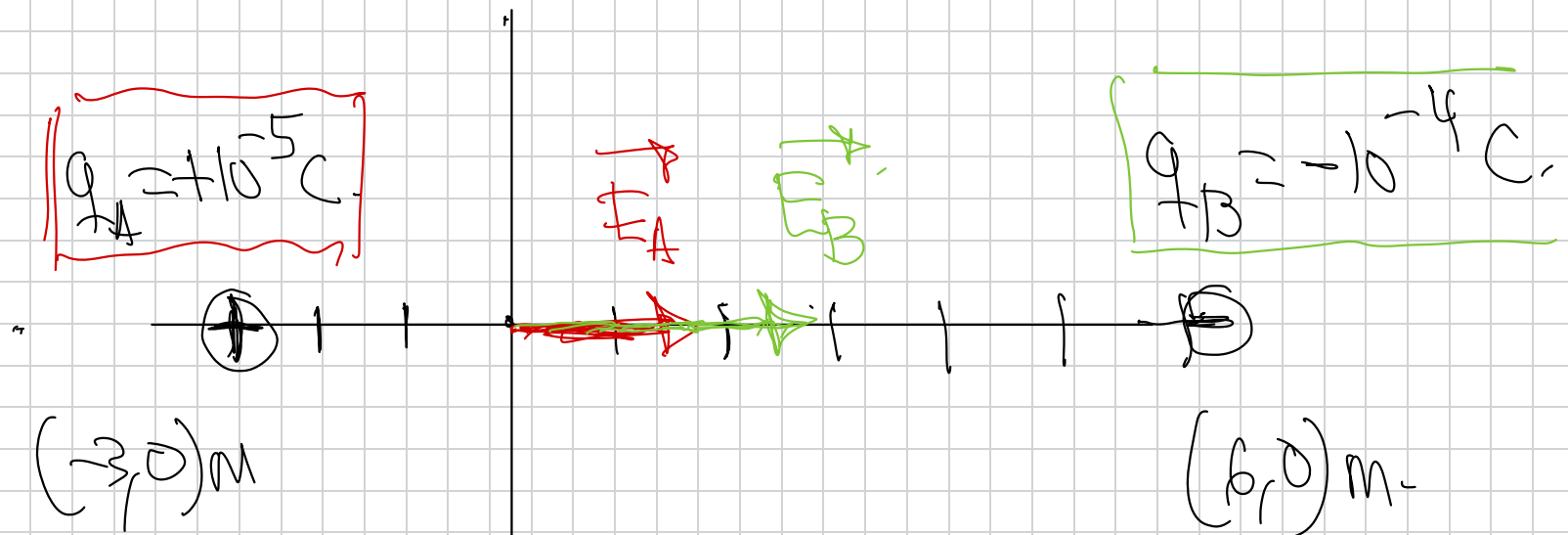
$$|F| = 20000 N$$



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

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

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



¡OJO! , primer el módulo

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

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

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

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

Princípio de superposição

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B = 10^4 \vec{e} + 2,5 \cdot 10^4 \vec{e} = 3,5 \cdot 10^4 \vec{e} \left(\frac{N}{C} \right)$$

8a)
No data

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

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

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

$$q = +10^{-7} C$$

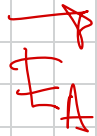
$$\vec{E} = 3.5 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$



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

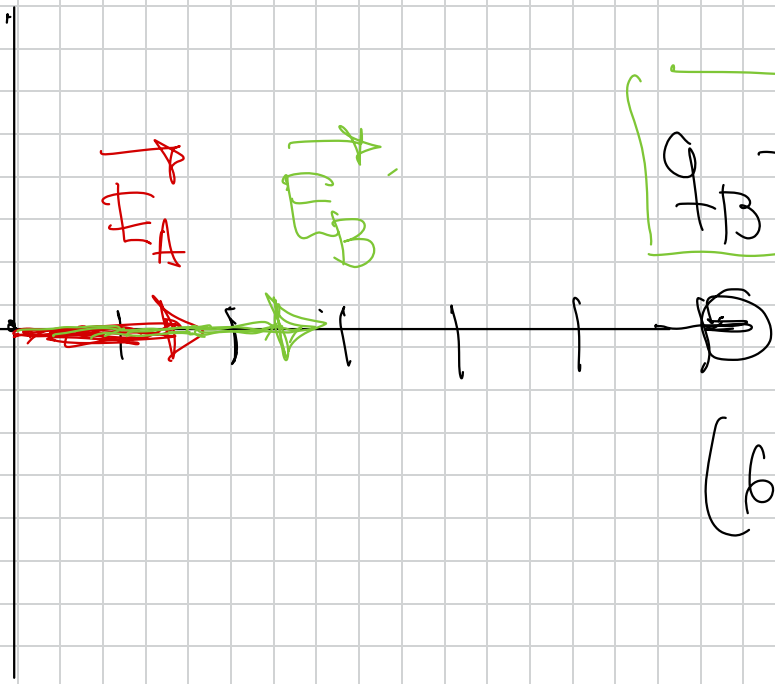
$$q_A = +10^{-5} C$$

$(-3, 0) m$



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

$(6, 0) m$



c) No dudo

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

$$q = -10^{-7} \text{ C}$$

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

$$F = 10^{-7} \text{ C} \cdot 35 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

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

$$F_e = 3.5 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

¡Ojo! la carga negativa
ejerce una fuerza en sentido

Contrario a E ,
 $q_B = -10^{-4} \text{ C}$

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

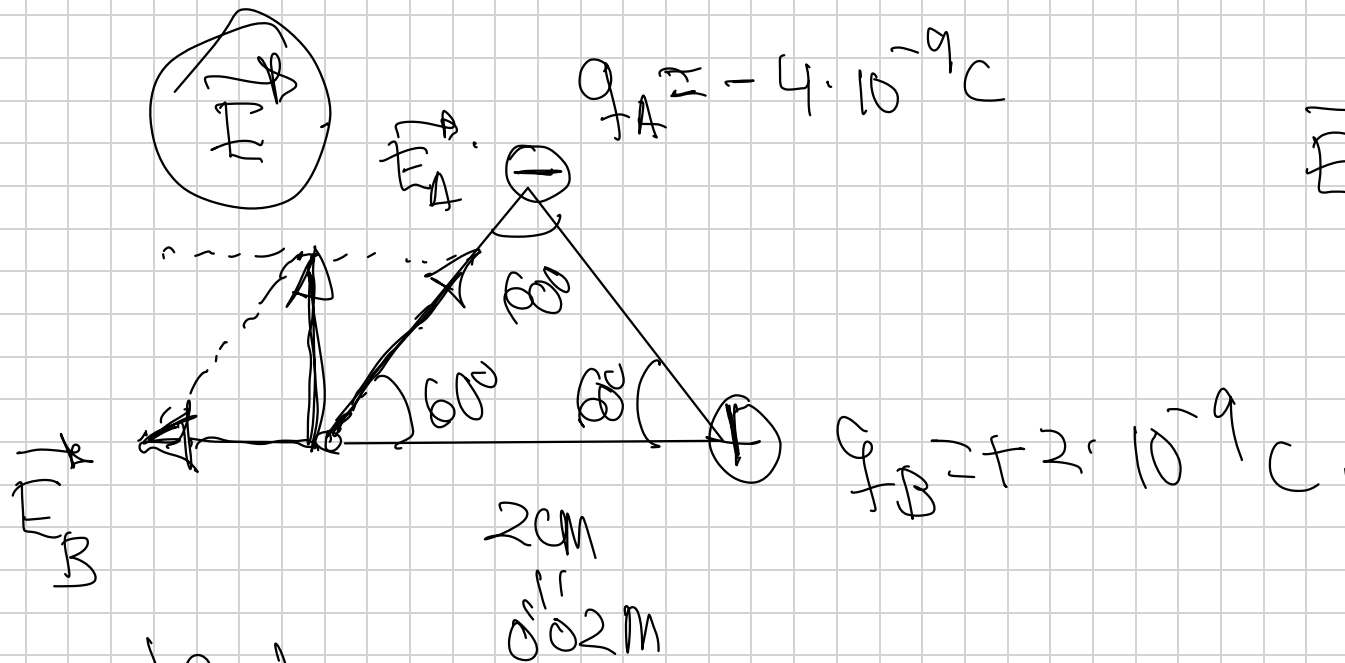
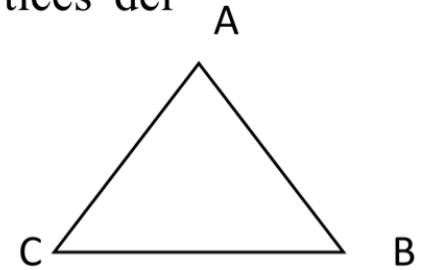
$(-3,0) \text{ m}$

$(6,0) \text{ m}$



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

- Calcular el valor del campo eléctrico en el vértice C de dicho triángulo
 - ¿Qué fuerza se ejercería sobre una carga de $1 \mu\text{C}$ si ésta se situase en C?
 - ¿Qué fuerza se ejercería sobre una carga de $-2 \mu\text{C}$ si ésta se situase en C?
- $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

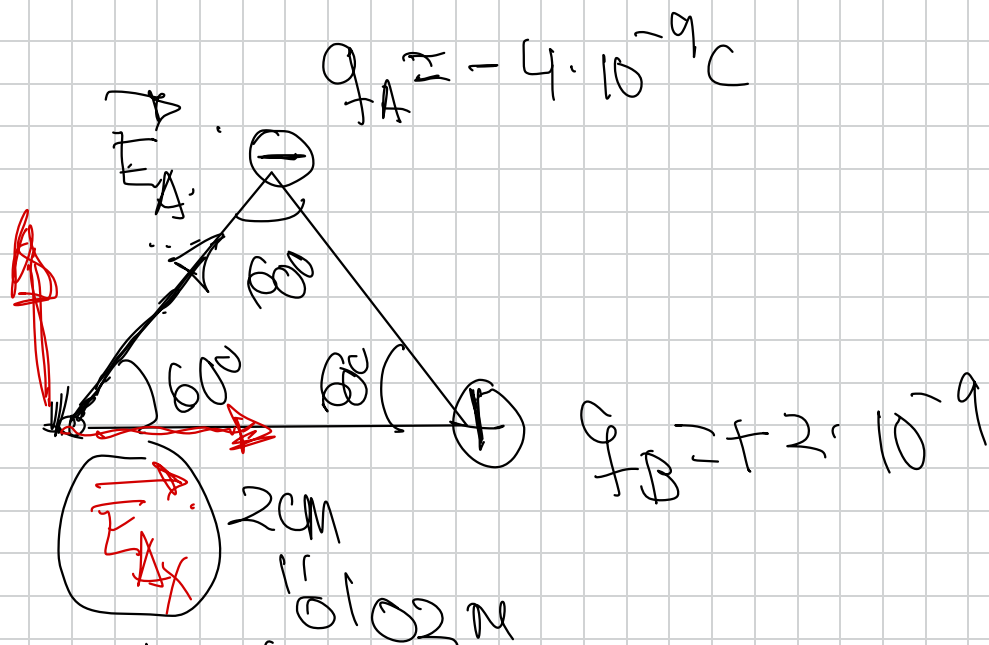


$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$$

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

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

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



$$|\vec{F}_A| = k \cdot \frac{|q_A|}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-9}}{(0.02)^2} = 9 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\cos 60^\circ = \frac{|\vec{F}_{Ax}|}{|\vec{F}_A|} \Rightarrow |\vec{F}_{Ax}| = |\vec{F}_A| \cdot \cos 60^\circ = 9 \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{2} = 4.5 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

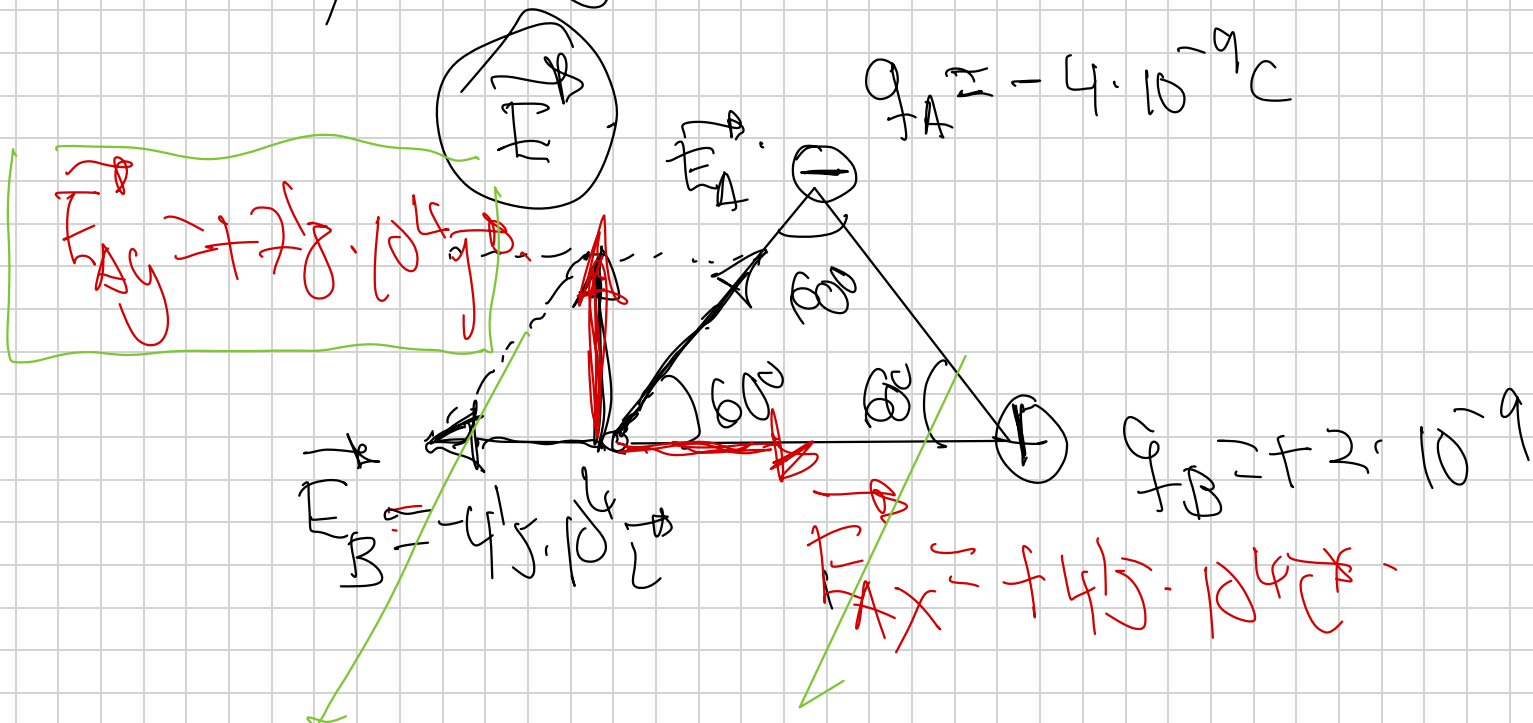
$$\vec{F}_{Ax} = +4.5 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\sin 60^\circ = \frac{|\vec{F}_{Ay}|}{|\vec{F}_A|} \Rightarrow |\vec{F}_{Ay}| = |\vec{F}_A| \cdot \sin 60^\circ = 9 \cdot 10^4 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 7.8 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

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

$$\vec{F}_A = \vec{F}_{Ax} + \vec{F}_{Ay} = +4.5 \cdot 10^4 \frac{N}{C} + 7.8 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

$$q_A = -4 \cdot 10^{-9} C$$



Princípio da superposição

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

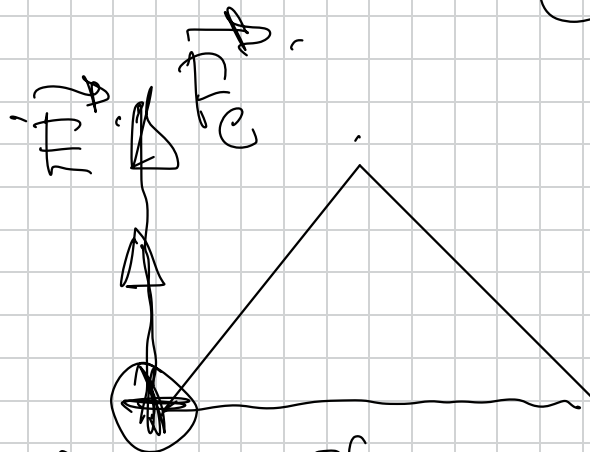
$$\vec{E} = +45 \cdot 10^4 \vec{e} + 78 \cdot 10^4 \vec{e} - 45 \cdot 10^4 \vec{e}$$

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

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



4)

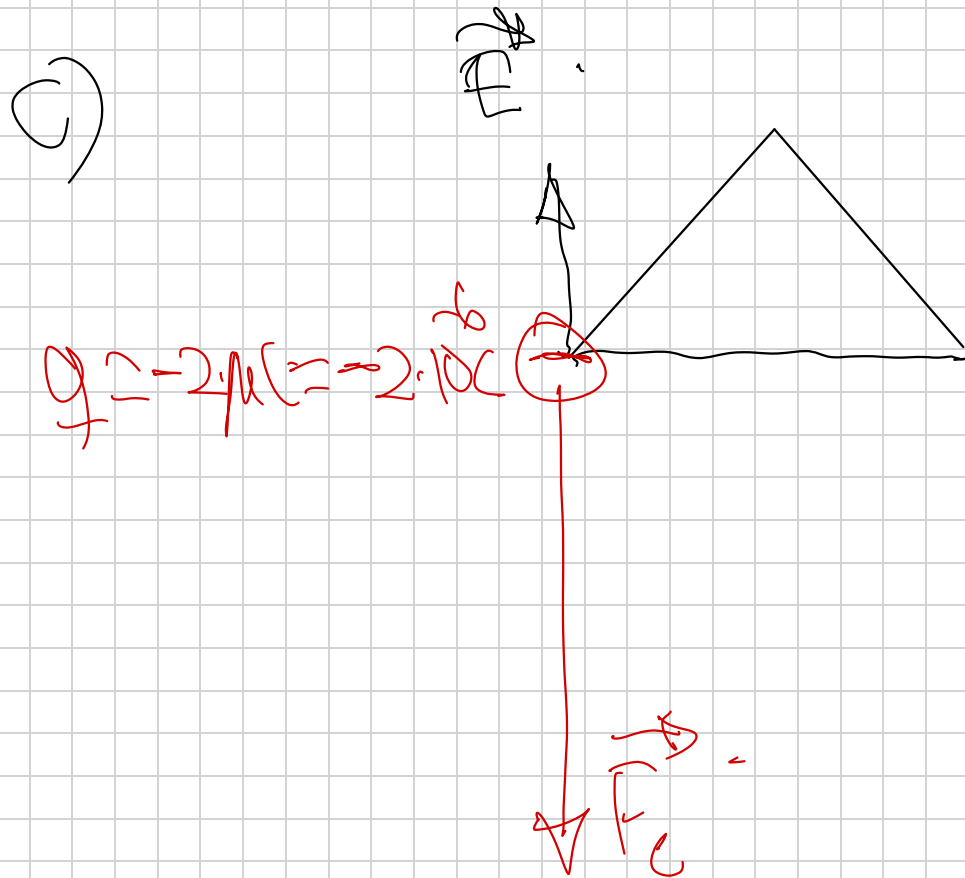


$$q = 1 \mu C = 1 \cdot 10^{-6} C$$

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

$$|\vec{E}| = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 78 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

$$\vec{F}_e = +718 \cdot 10^{-2} \vec{y} \text{ (N)} \quad |\vec{F}_e| = 718 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$



¡ojo! primero el
módulo,

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

$$|\vec{F}_e| = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 718 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

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

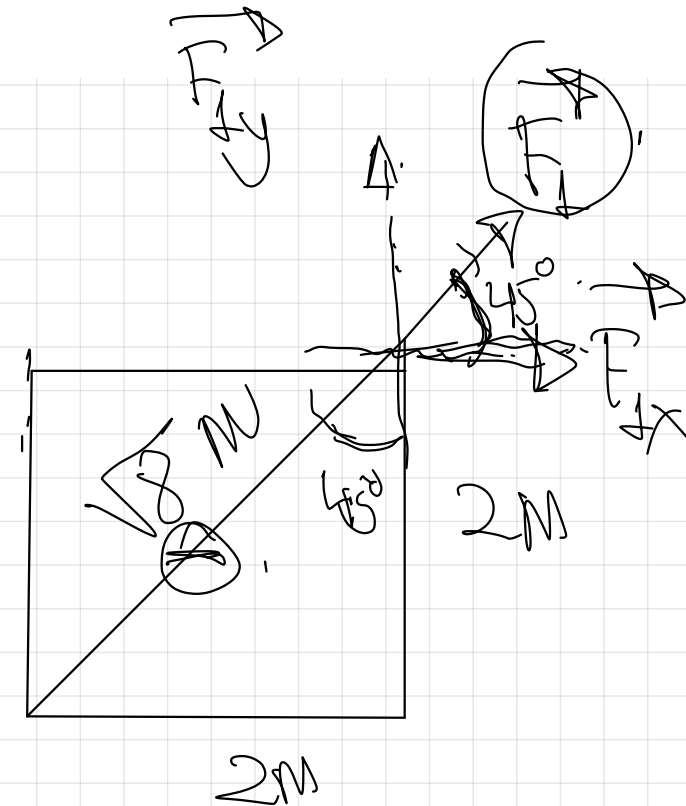
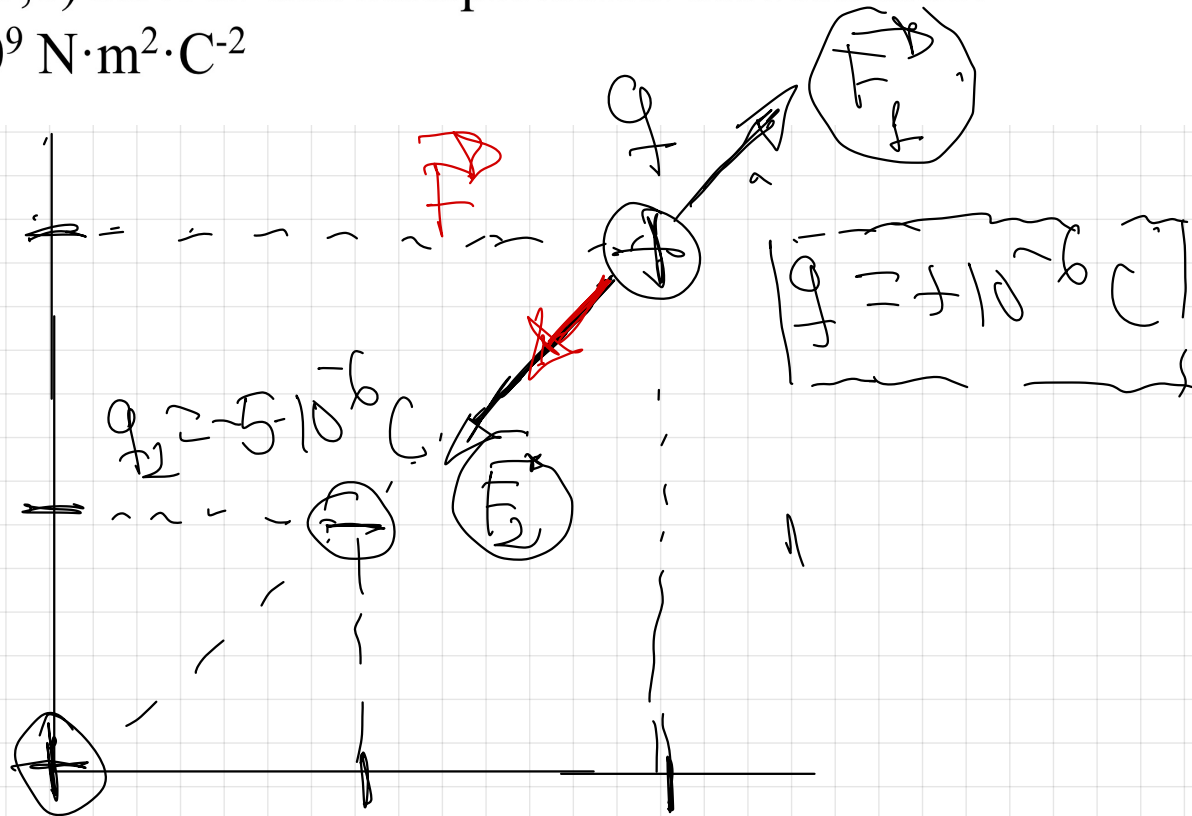
$$\vec{F}_e = -1516 \cdot 10^{-2} \vec{y} \text{ (N)}$$

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

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

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

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



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

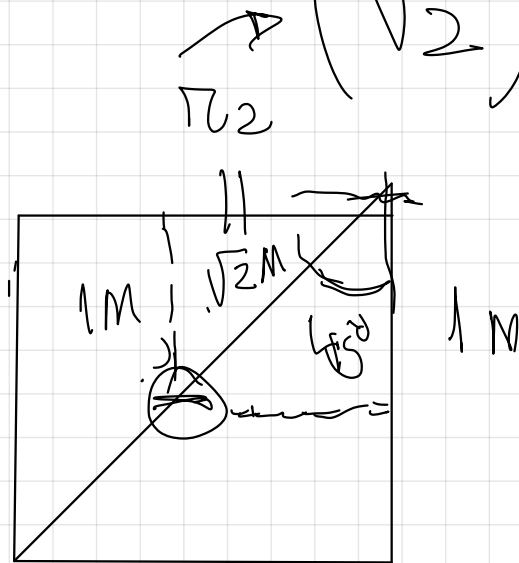
$$|F_1| = K \cdot \frac{|q| \cdot |q_1|}{r_1^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-6} \cdot 8 \cdot 10^{-6}}{(\sqrt{8})^2} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$\sin 45^\circ = \frac{|\vec{F}_{2y}|}{|\vec{F}_2|} \Rightarrow |\vec{F}_{2y}| = |\vec{F}_2| \cdot \sin 45^\circ = 9 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 6.36 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$\cos 45^\circ = \frac{|\vec{F}_{2x}|}{|\vec{F}_2|} \Rightarrow |\vec{F}_{2x}| = |\vec{F}_2| \cdot \cos 45^\circ = 9 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 6.36 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$\vec{F} = +6.36 \cdot 10^{-3} \vec{e}_x + 6.36 \cdot 10^{-3} \vec{e}_y \quad (\text{N})$$

$$|\vec{F}_2| = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r_2^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{(\sqrt{2})^2} = 2.25 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$



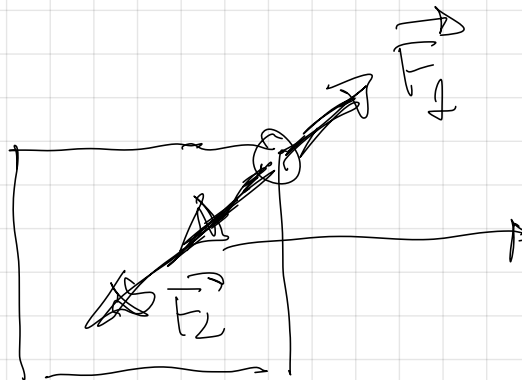
$$\sin 45^\circ = \frac{|\vec{F}_{2y}|}{|\vec{F}_2|} \Rightarrow |\vec{F}_{2y}| = |\vec{F}_2| \cdot \sin 45^\circ = 2.25 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$|\vec{F}_{2y}| = 1.59 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

$$\cos 45^\circ = \frac{|\vec{F}_{2x}|}{|\vec{F}_2|} \Rightarrow |\vec{F}_{2x}| = 1.59 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

$$\vec{F}_2 = -1.59 \cdot 10^{-2} \vec{i} - 1.59 \cdot 10^{-2} \vec{j} \text{ (N)}$$

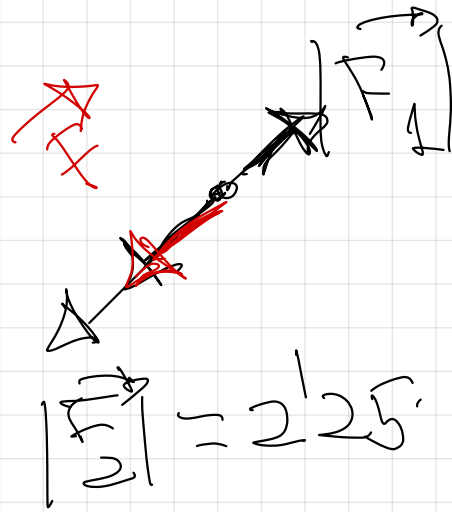
$$\vec{F}_1 = +6.36 \cdot 10^{-3} \vec{i} + 6.36 \cdot 10^{-3} \vec{j} \text{ (N)} \Rightarrow \text{Calculado antes.}$$



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

$$\vec{F} = -9.9 \cdot 10^{-3} \vec{i} - 9.9 \cdot 10^{-3} \vec{j} \text{ (N)}$$

$$|\vec{F}| = \sqrt{x^2 + y^2} = 1.37 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$



$$|\vec{F}_1| = 9 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

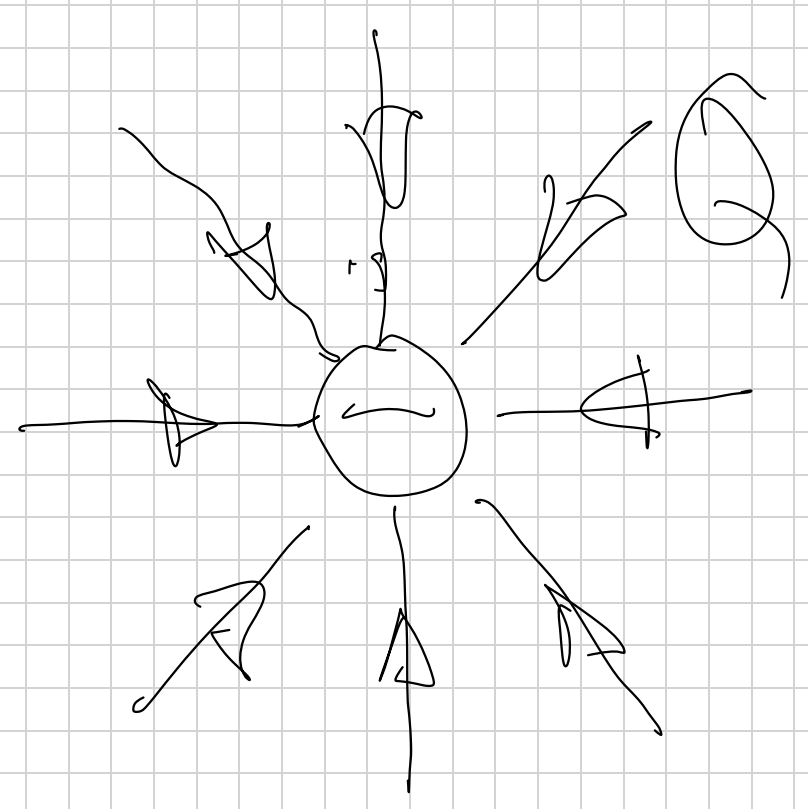
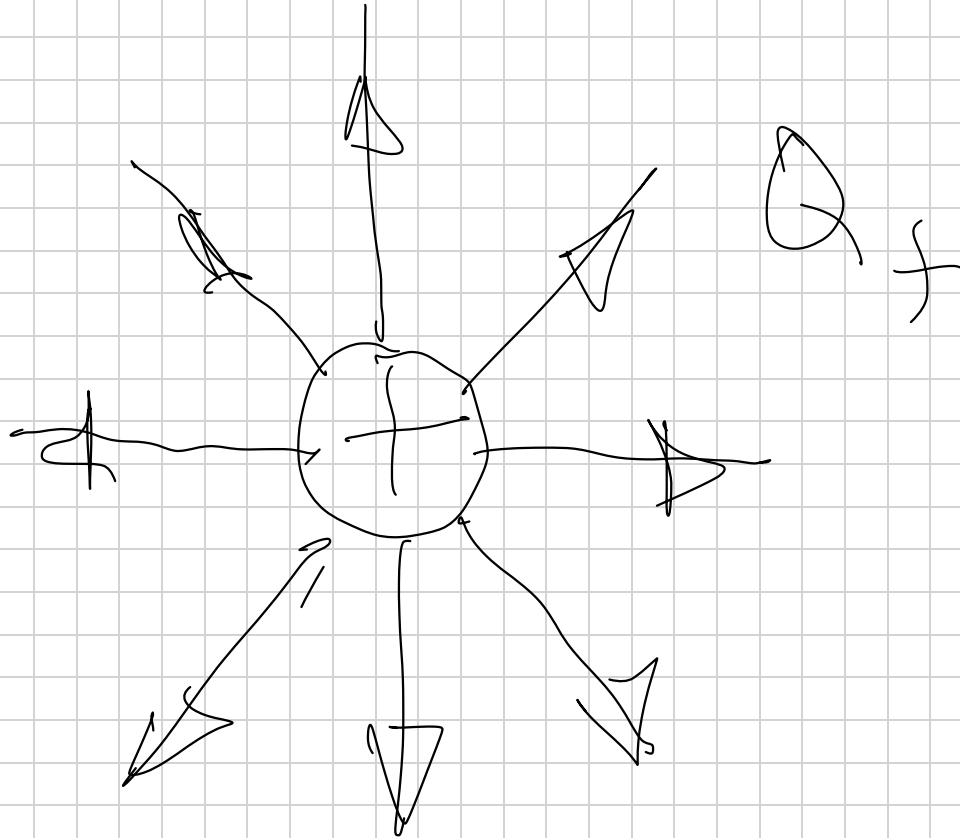
$$|\vec{F}_2| = 2.25 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

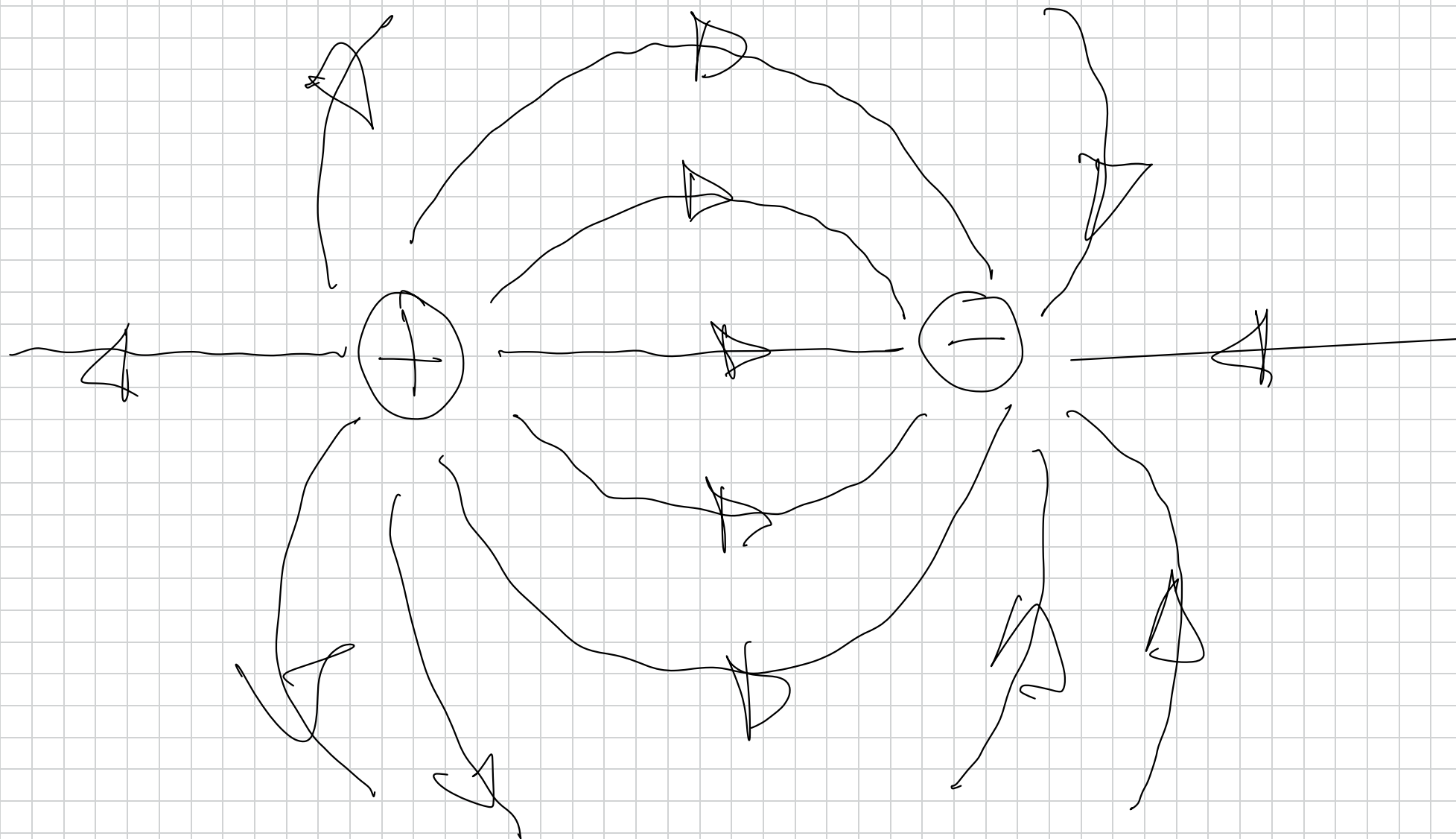
$$|\vec{F}| = |\vec{F}_2| - |\vec{F}_1| = 2.25 \cdot 10^{-2} \text{ N} - 9 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 1.35 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

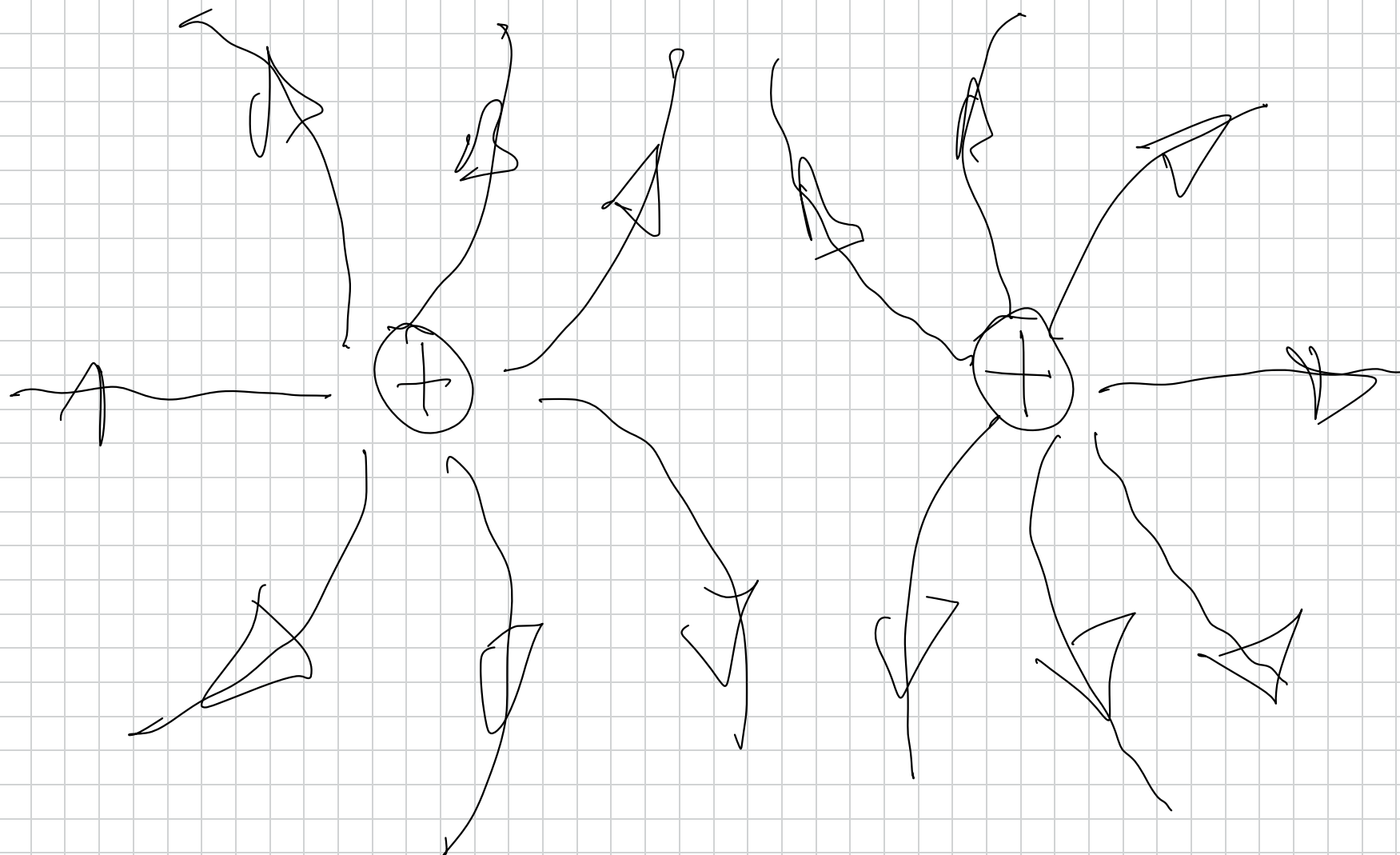


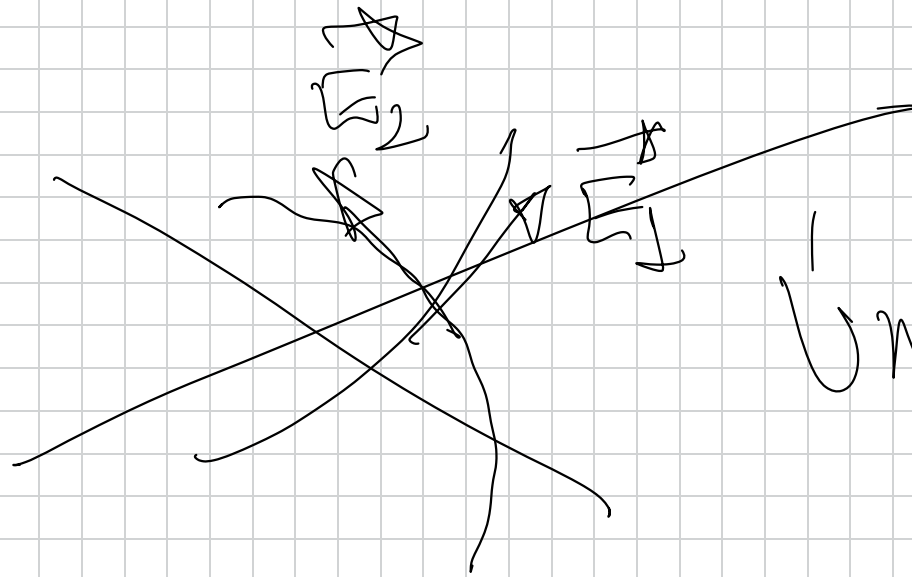
Se observa que dos vectores que poseen misma dirección y sentido contrario darán como resultante un nuevo vector cuyo módulo se obtiene restando ambos.

Page 43 Lines de campo,









Unico valor
de E_1 no
podem
constar.

Pag 45 y siguientes.

Magnitudes escalares

E_p gravitatoria.

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

única naturaleza.

⇓
la E_p gravitatoria
señala negativa

F eléctrica. es
fuerza central
y conservativa,

E_p eléctrica lleva asociada
una E_p eléctrica

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

⇓ $|Qq|$
En todas las magnitudes
escalares sustituyo $|Qq|$
cada carga con su signo
/ con lo que la E_p eléctrica
puede ser positiva o
negativa.

Potencial gravitatorio.

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

$$V \Rightarrow \frac{J}{kg} \text{ en el S.I.}$$

El potencial gravitatorio es negativo siempre.

$$E_p = m \cdot V.$$

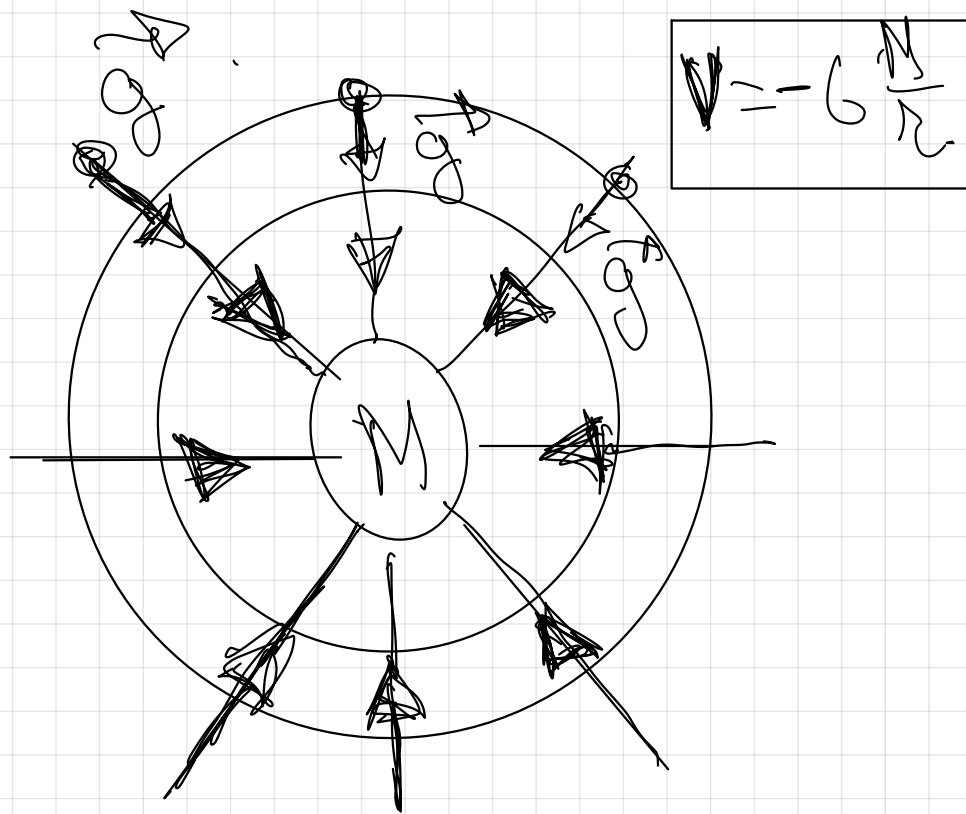
Potencial eléctrico.

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

$$V \Rightarrow \frac{J}{C} = \text{Voltio (V)} \text{ en el S.I.}$$

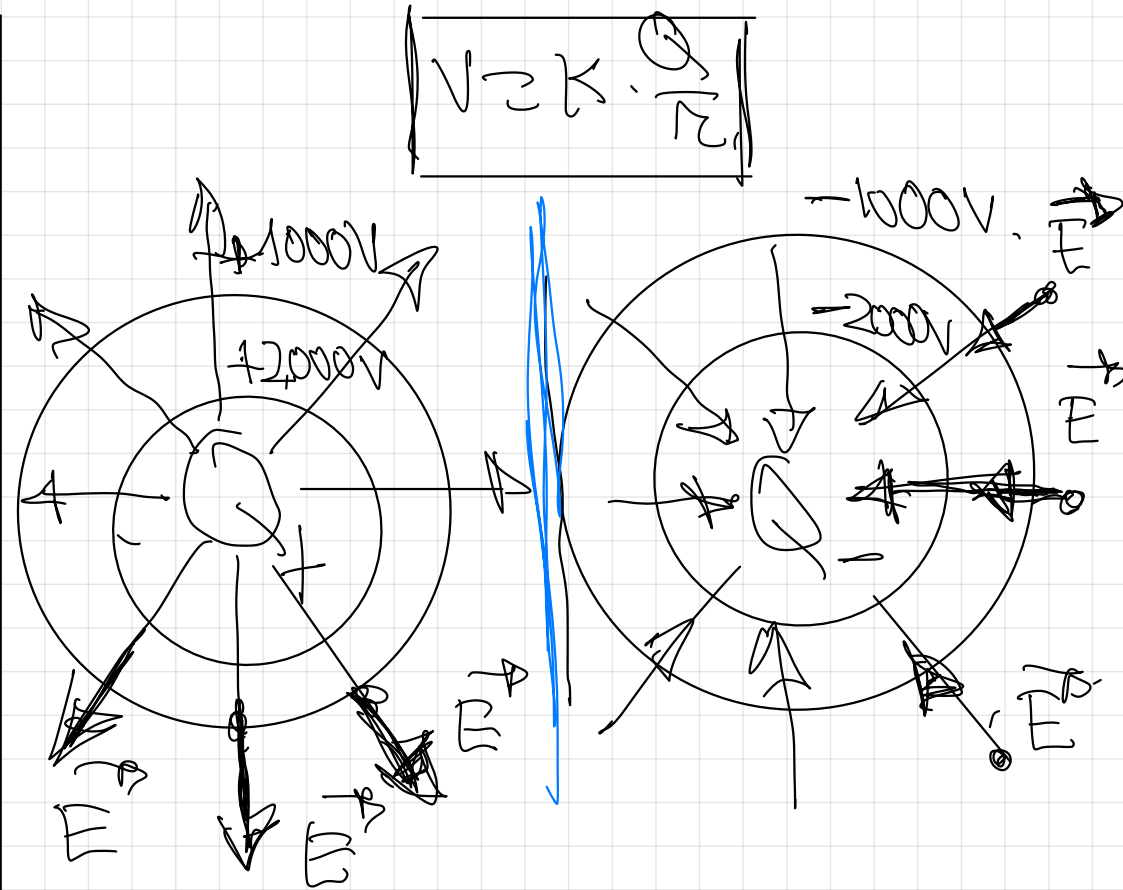
[¡OJO!] la carga que crea el campo puede ser positiva o negativa, cada carga va con su signo y el potencial eléctrico puede ser positivo o negativo

$$E_p = q \cdot V.$$



$$W_{A \rightarrow B} = \int \mathbf{F}_{PA \rightarrow PB}$$

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



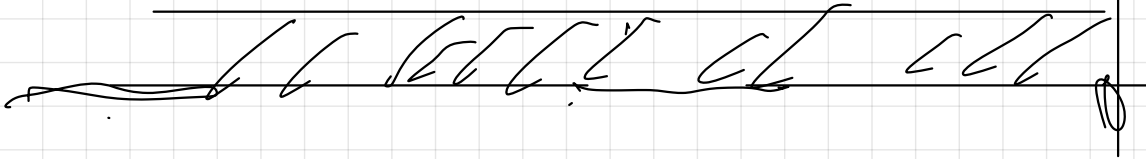
$$W_{A \rightarrow B} = -\int \mathbf{F}_{PA \rightarrow PB}$$

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

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

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

$$W_{A \rightarrow B} = m \cdot (V_A - V_B) \quad (5)$$



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

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

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



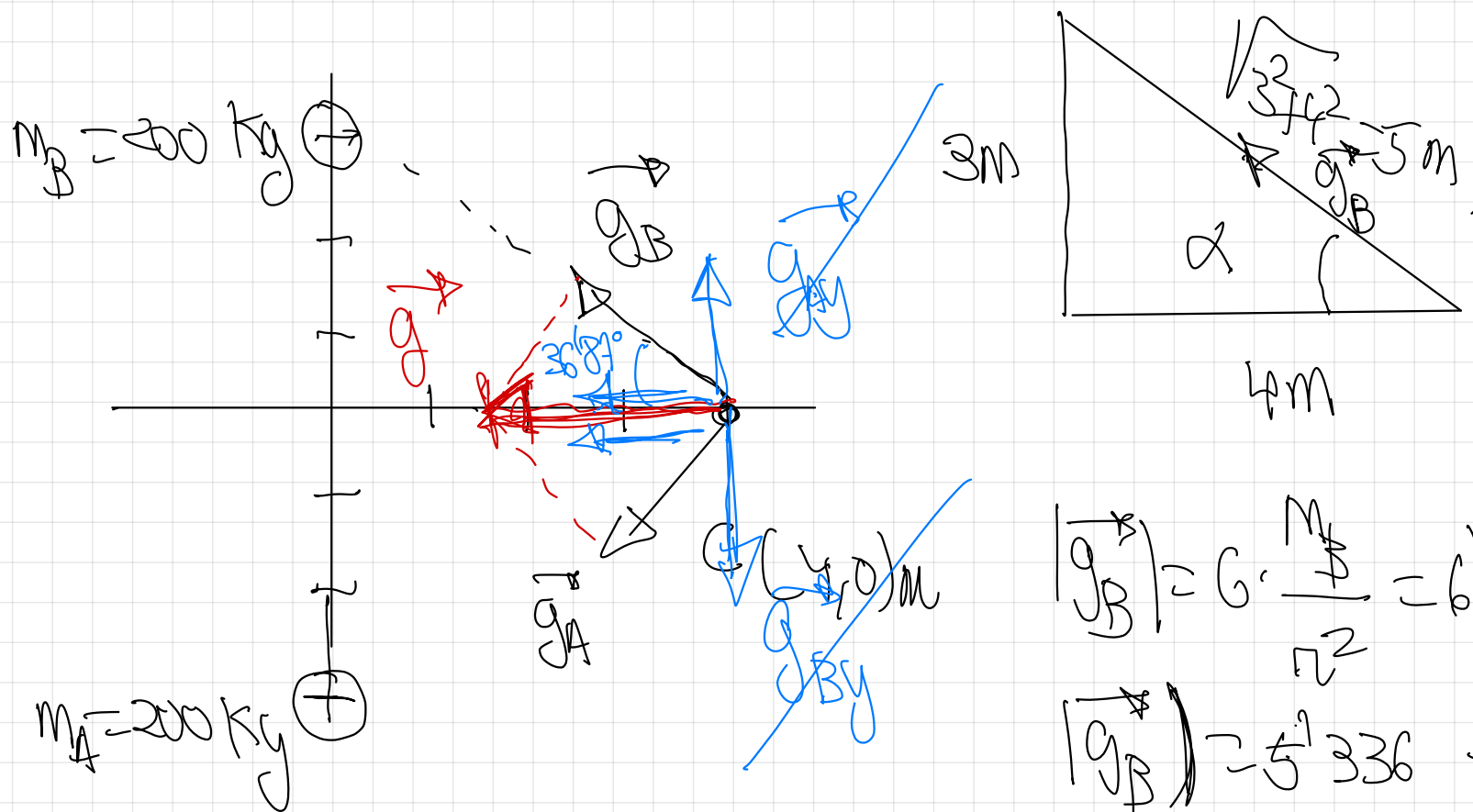
En este caso cada carga y cada potencial
 tra con su correspondiente signo magnitud
 es

$W > 0 \Rightarrow$ Se realiza espontáneamente
 por el campo eléctrico
 el traslado de las cargas

Dos masas puntuales de 200 kg están situadas en los puntos A(0, -3)m y B(0, 3)m. Calcule razonadamente: i) el campo gravitatorio en el punto C(4, 0)m, apoyándose en un esquema; ii) la fuerza sobre una masa puntual de 3 kg situada en el origen.

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

FISICA. 2025. JULIO. EJERCICIO b1



$$|\vec{g}_B| = G \cdot \frac{M}{r^2} = 6'67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{200}{5^2}$$

$$|\vec{g}_B| = 5'336 \cdot 10^{-10} \text{ N/kg}^2$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{\text{cat opuesto}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{3}{5}$$

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

$$\alpha = 36'87''$$

$$\cos 36'87'' = \frac{g_{BX}}{g_B}$$

$$g_{BX} = g_B \cdot \cos 36'87''$$

$$g_{BX} = 5'336 \cdot 10^{-10} \cdot \cos 36'87'' = 4'27 \cdot 10^{-10} \frac{N}{kg}$$

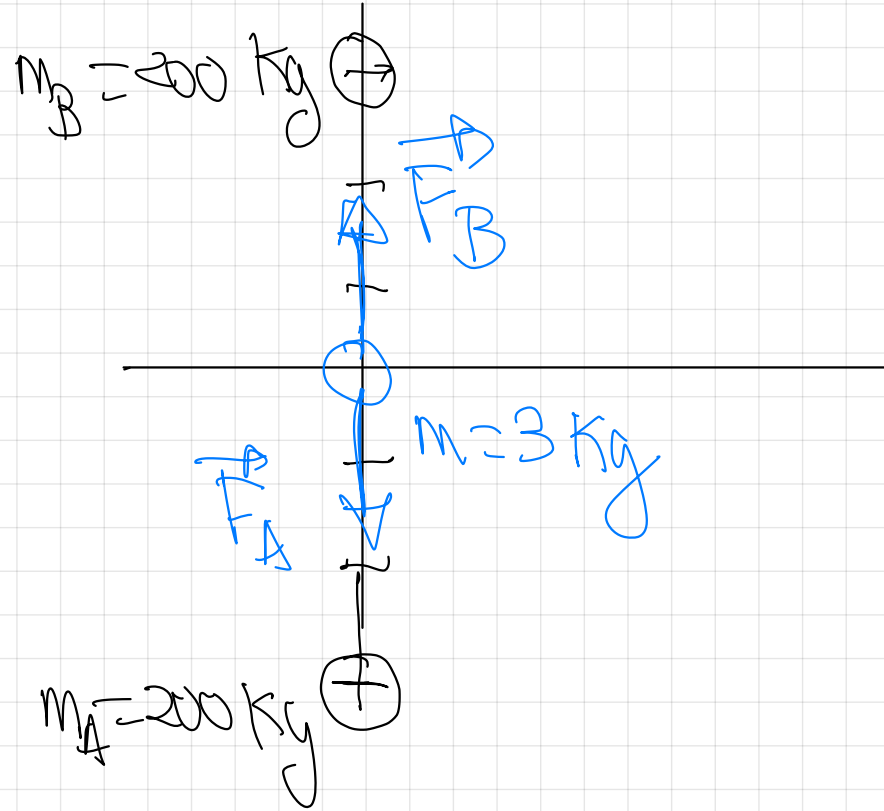
$$\vec{g}_{BX} = -4'27 \cdot 10^{-10} \vec{e} \left(\frac{N}{kg} \right)$$

$$\vec{g} = -4'27 \cdot 10^{-10} \vec{e} - 4'27 \cdot 10^{-10} \vec{e} =$$

$$\vec{g} = -8'54 \cdot 10^{-10} \vec{e} \left(\frac{N}{kg} \right)$$

$$|\vec{g}| = 8.54 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}^2$$



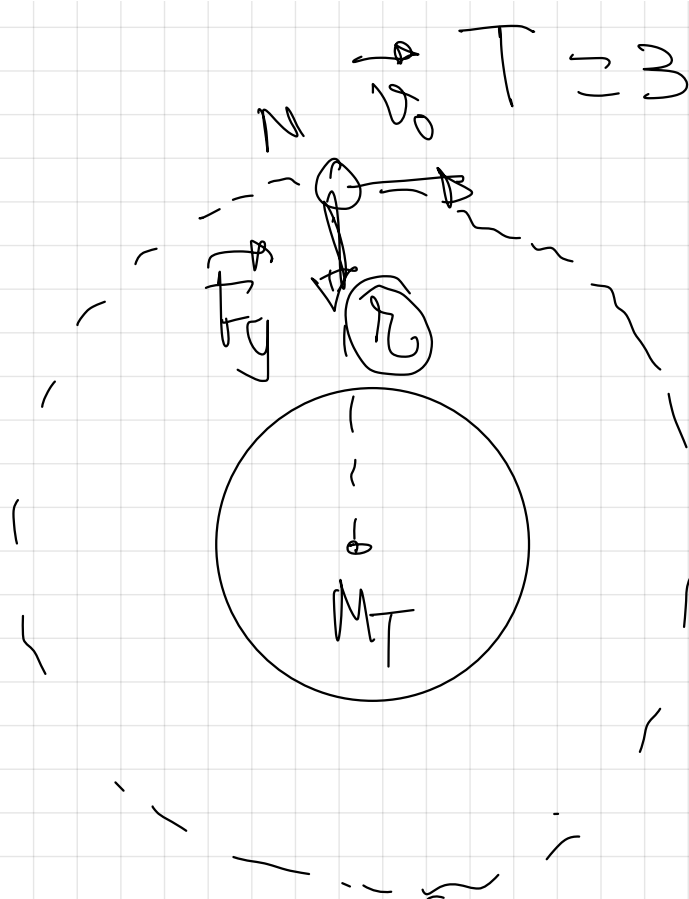


$$F_B = 0$$

Un satélite de 1400 kg en una órbita circular tarda un día y medio en dar la vuelta a la Tierra. Calcule razonadamente: i) el radio de la órbita; ii) la velocidad mínima que hay que suministrarle para que abandone el campo gravitatorio terrestre desde la órbita en la que se encuentra.

$$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}; M_T = 5.98 \cdot 10^{24} \text{ kg}; R_T = 6370 \text{ km}; 1 \text{ día} = 24 \text{ h}$$

FISICA. 2025. JULIO. EJERCICIO b2



$$T = 36 \text{ h} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 129600 \text{ s} = 1.296 \cdot 10^5 \text{ s}$$

Condición de orbitación,

$$F_g = F_n \quad a_n = \frac{v^2}{r}$$

$$G \cdot \frac{M_T \cdot m}{r^2} = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$G \cdot \frac{M_T}{r} = \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2$$

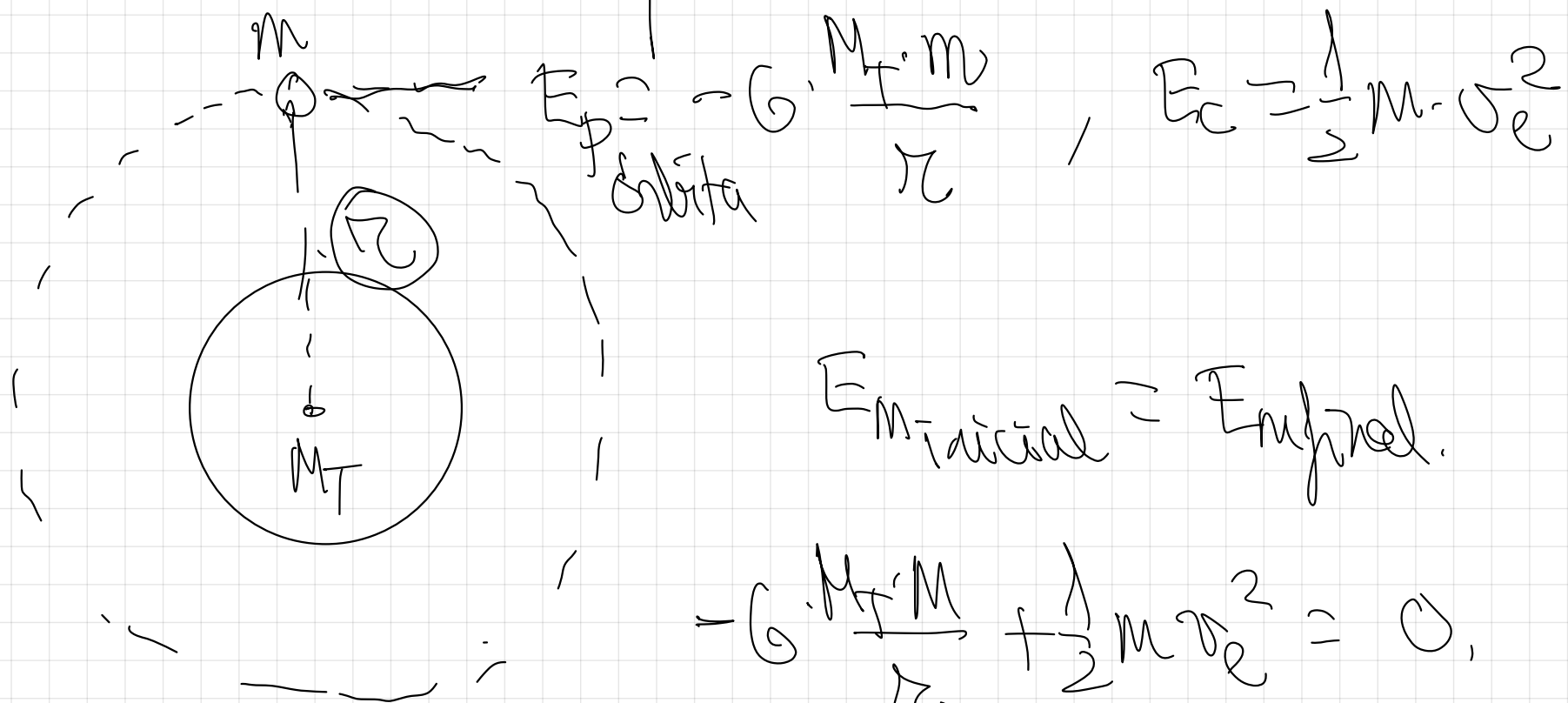
$$G \cdot \frac{M_T}{r} = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2}$$

$$G M_T T^2 = 4\pi^2 r^3$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{G M_T T^2}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 5.98 \cdot 10^{24} \cdot (1.296 \cdot 10^4)^2}{4\pi^2}}$$

$$r = 5.54 \cdot 10^7 \text{ m}$$

$$\infty \rightarrow 0 \rightarrow \overline{E_{\infty}} = 0, \quad \overline{E_{\infty}} = 0.$$



$$E_{\text{initial}} = E_{\text{final}}$$

$$-G \cdot \frac{M_T \cdot m}{r} + \frac{1}{2} m v_e^2 = 0,$$

$$\frac{1}{2} m v_e^2 = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{r}$$

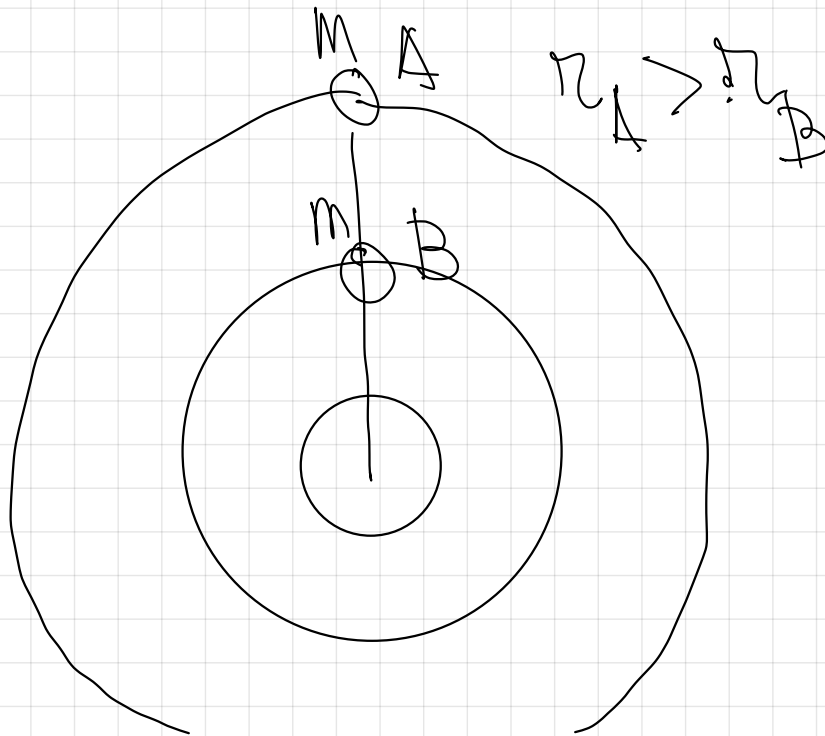
$$v_e = \sqrt{\frac{2 G M_T}{r}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 5.98 \cdot 10^{24}}{5.54 \cdot 10^7}} = 3794.66 \text{ m/s}$$

a) Dos satélites, A y B, describen órbitas circulares concéntricas alrededor de la Tierra. Razone cuál de los dos tiene mayor energía cinética en las siguientes situaciones: i) sus masas son iguales y el radio orbital de A es mayor que el de B; ii) los dos satélites están en la misma órbita y la masa de A es menor que la de B.

b) Dos masas puntuales de 10 y 5 kg están situadas en los puntos A(0,3)m y B(4,0)m, respectivamente. i) Realice un esquema del campo gravitatorio producido por cada una de las masas en el punto C(4,3)m y calcule su valor en dicho punto. ii) Determine el trabajo necesario para desplazar una tercera masa de 4 kg desde el punto C hasta el punto O(0,0)m. Discuta el signo del trabajo.

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

FISICA. 2024. RESERVA 1. EJERCICIO A1



$$F_C = \frac{1}{2} m \omega^2 r$$

Orbitación

$$F_g = F_n$$

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot \left(\sqrt{G \frac{M}{r}} \right)^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} G \frac{M \cdot m}{r}$$

$$E_{cA} = \frac{1}{2} G \frac{M \cdot m}{r_A}$$

$$\frac{E_{cA}}{E_{cB}} = \frac{\cancel{\frac{1}{2}} G \cancel{M} \cdot \cancel{m}}{\cancel{\frac{1}{2}} G \cancel{M} \cdot \cancel{m}} \cdot \frac{r_B}{r_A}$$

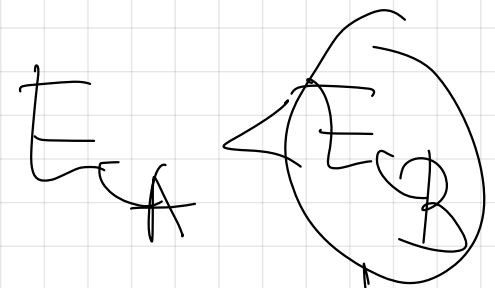
$$E_{cB} = \frac{1}{2} G \frac{M \cdot m}{r_B}$$

~~En B~~
es mehr

$$\frac{E_{cA}}{E_{cB}} = \frac{r_B}{r_A} \cdot \frac{r_A}{r_B}$$

$A > B,$

$$\frac{E_A}{E_B} < 1,$$



E_B is

majority
 $\downarrow$
 E_C

$$E_C = \frac{1}{2} G \cdot \frac{M - M_A}{r_1}$$

$$M_A < M_B$$

$$E_C = \frac{1}{2} G \cdot \frac{M - M_B}{r_2}$$

$$E_C > E_A$$

$$\frac{E_C}{E_A} = \frac{\frac{1}{2} G \frac{M - M_A}{r_1}}{\frac{1}{2} G \frac{M - M_B}{r_2}}$$

$$\frac{E_C}{E_B} = \frac{M_A}{M_B} \quad M_A < M_B$$

$$\frac{E_A}{E_B} < 1,$$

$$E_A < E_B$$

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

¿Hacia donde se desplazan espontáneamente las cargas?

~~A~~ q Positiva

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

$$(\oplus) \cdot (\oplus)$$

$$[V_A > V_B]$$



Las cargas positivas se desplazan espontáneamente en el orden de los potenciales decrecientes (de mayor a menor)

* q negativa.

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

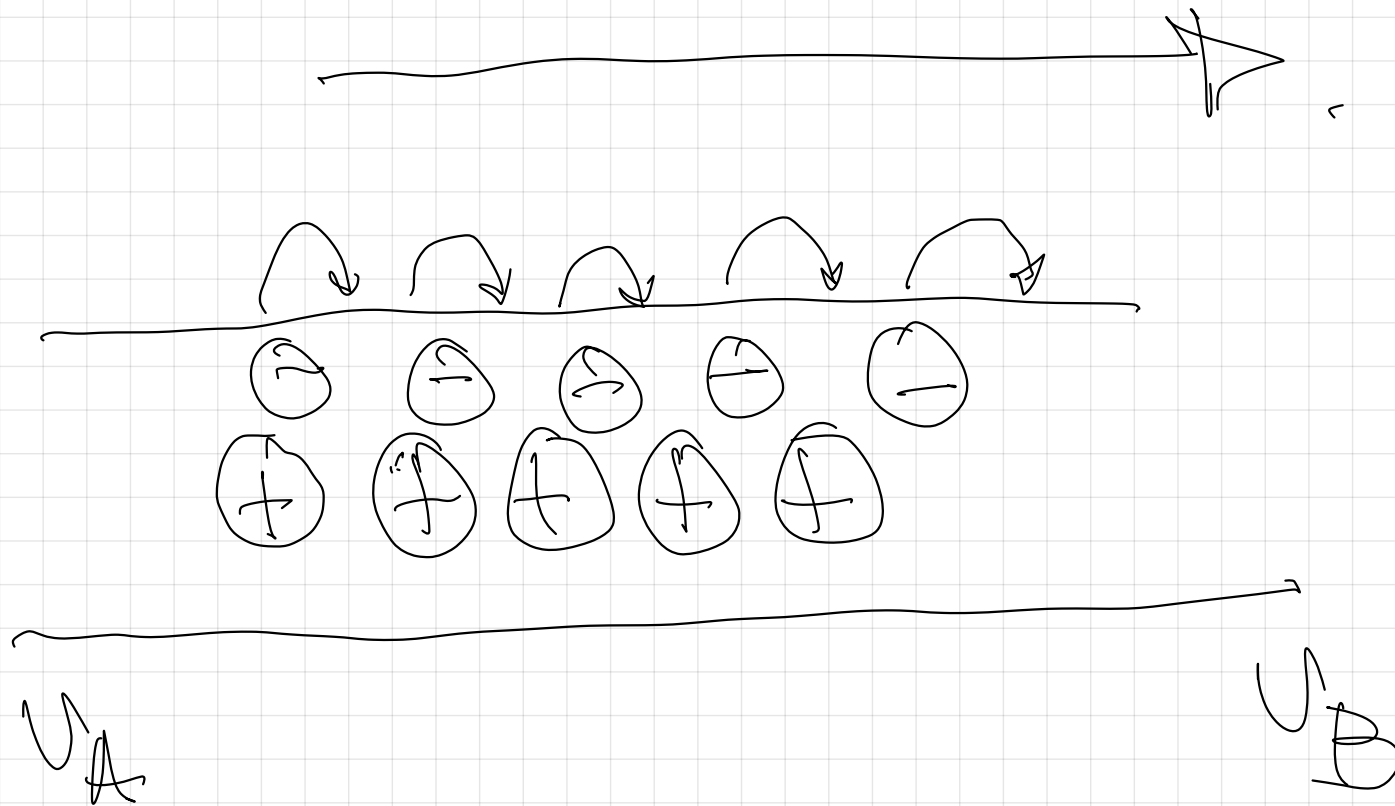
$$\ominus \cdot \ominus > 0.$$

$$V_A < V_B$$

las cargas negativas se desplazan espontáneamente en el orden de los potenciales crecientes (de menor a mayor)

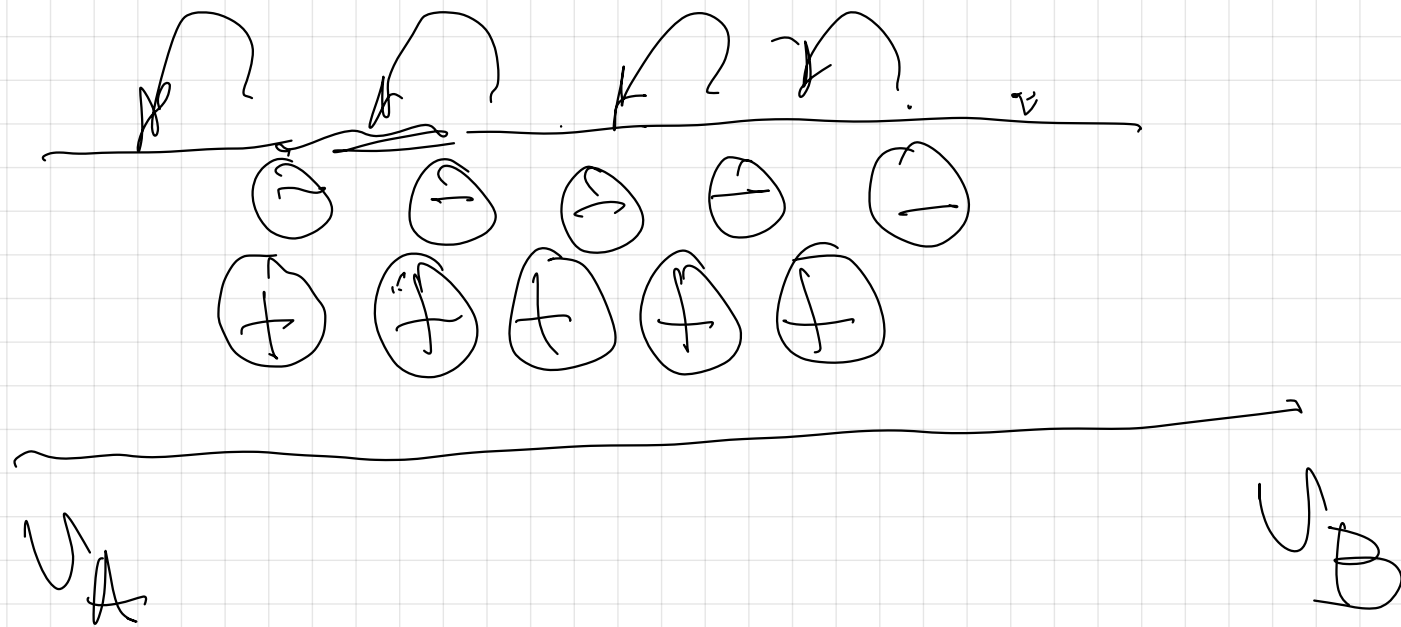
$$\text{Si } V_A = V_B$$

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



$$V_A - V_B = -220\text{V}$$

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



$$V_A - V_B = +220V$$

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

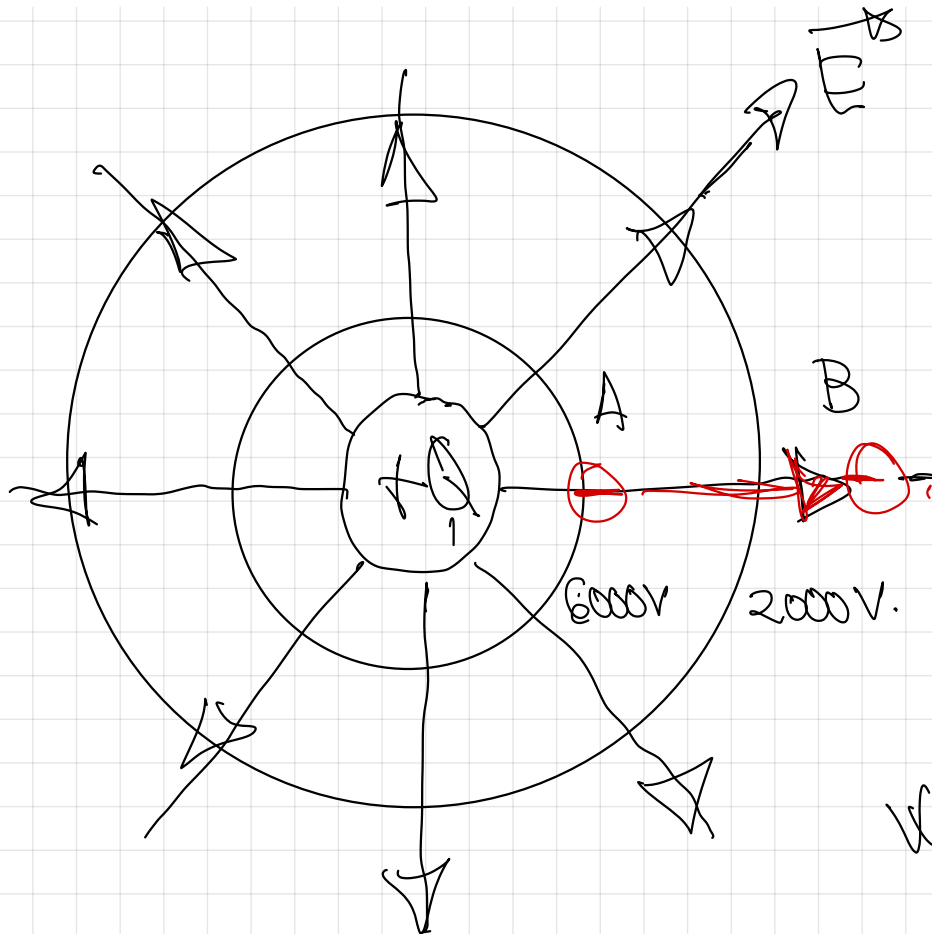
a) Realizar un esquema de las líneas de campo y de las superficies equipotenciales

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

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



ojo, magnitud
escalar

pag 60,

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

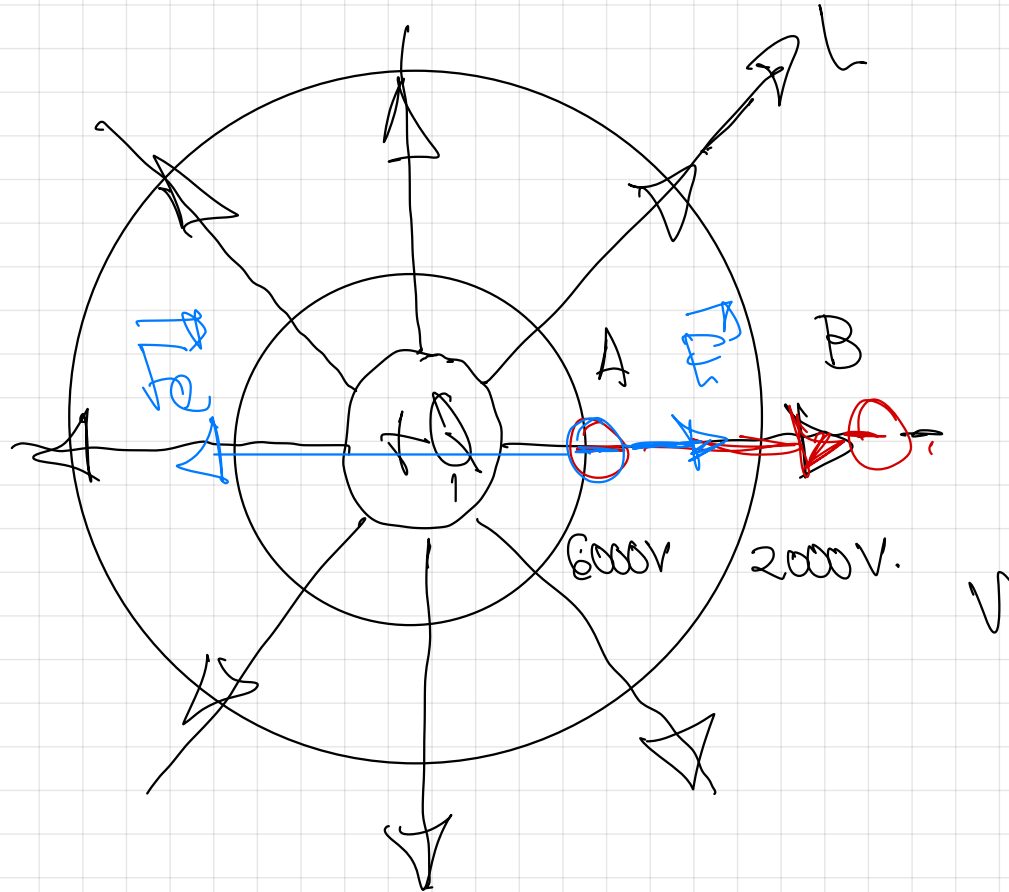
$$W_{A \rightarrow B} = q \cdot (V_A - V_B)$$

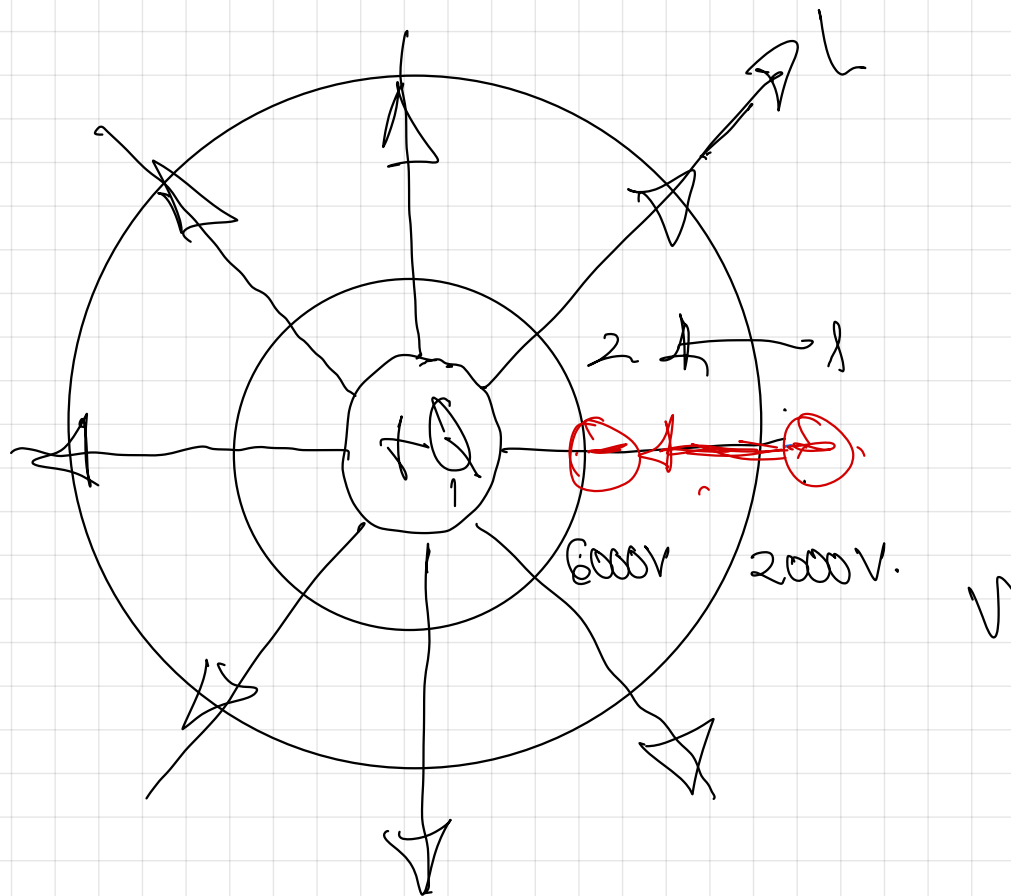
$$W_{A \rightarrow B} = -1,5 \cdot 10^{-3} \left(6000 \frac{\text{J}}{\text{C}} - 2000 \frac{\text{J}}{\text{C}} \right)$$

$$W_{A \rightarrow B} = -6 \text{ J (no espontáneo)}$$

Tendría que realizar una

fuerza externa al campo





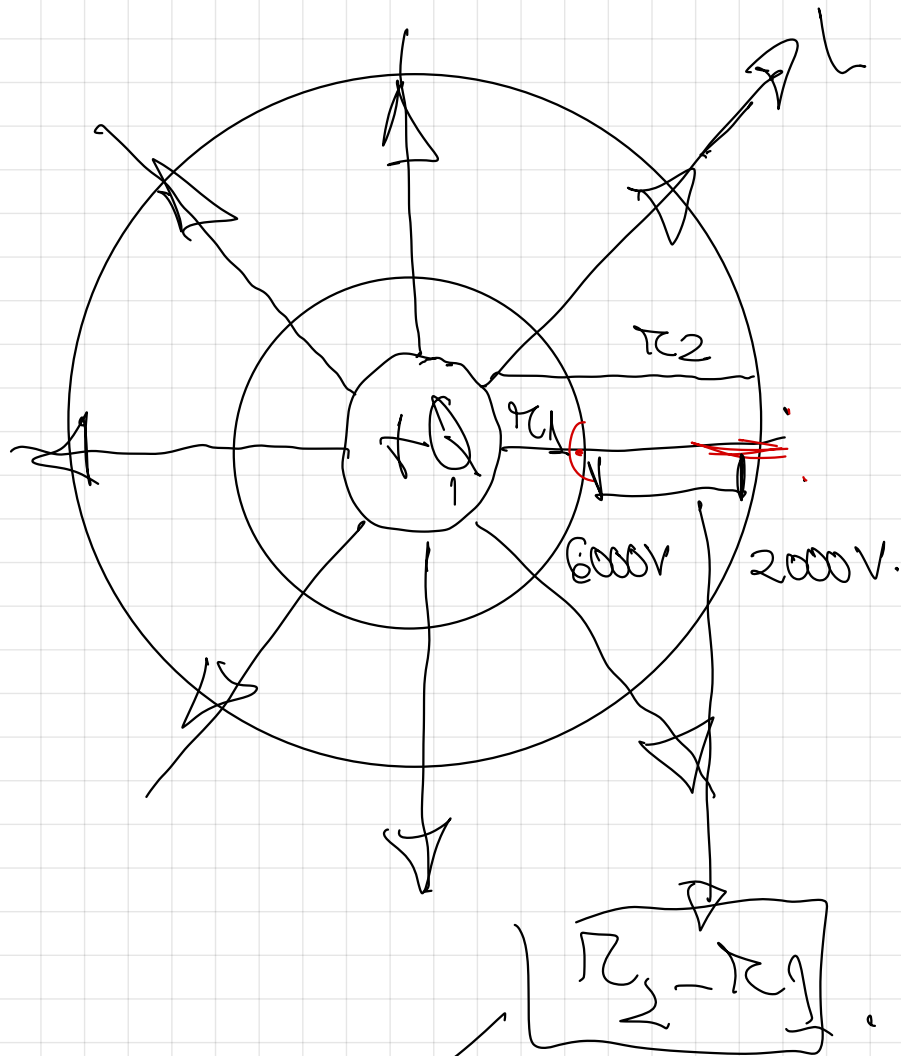
$$W_{1 \rightarrow 2} = q \cdot (V_1 - V_2) = -15 \cdot 10^{-3} C \cdot \left(2000 \frac{J}{C} - 6000 \frac{J}{C} \right)$$

$$W_{1 \rightarrow 2} = 6J > 0$$

trabalho espontâneo realizado por q

pekerjaan listrik.

a)



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

$$V_1 = k \cdot \frac{Q}{r_1}$$

$$r_1 = \frac{k \cdot Q}{V_1} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{6000}$$

$$r_1 = 3m.$$

$$V_2 = k \cdot \frac{Q}{r_2}$$

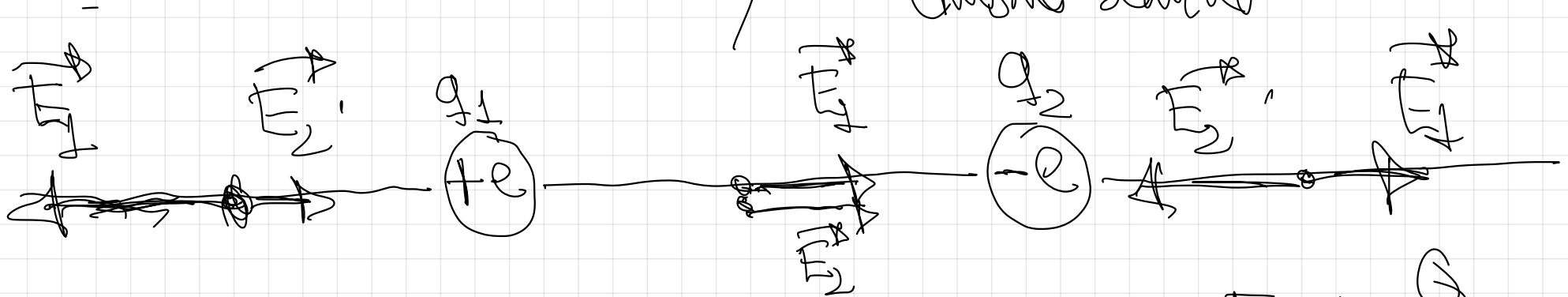
$$r_2 - r_1 = 9m - 3m = 6m. \quad r_2 = \frac{k \cdot Q}{V_2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{2000} \quad r_2 = 9m$$

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

- La distancia del ión positivo a la que se anula el campo eléctrico.
 - La distancia del ión positivo a la que se anula el potencial eléctrico a lo largo de la línea recta que une a los iones
 - La energía potencial eléctrica de los dos iones
- $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ $K = 9 \cdot 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

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

Principio de superposición $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \neq 0$ $E = K \cdot \frac{Q}{r^2}$
 mismo sentido



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

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

fuera de la recta que une a las 2 cargas

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

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

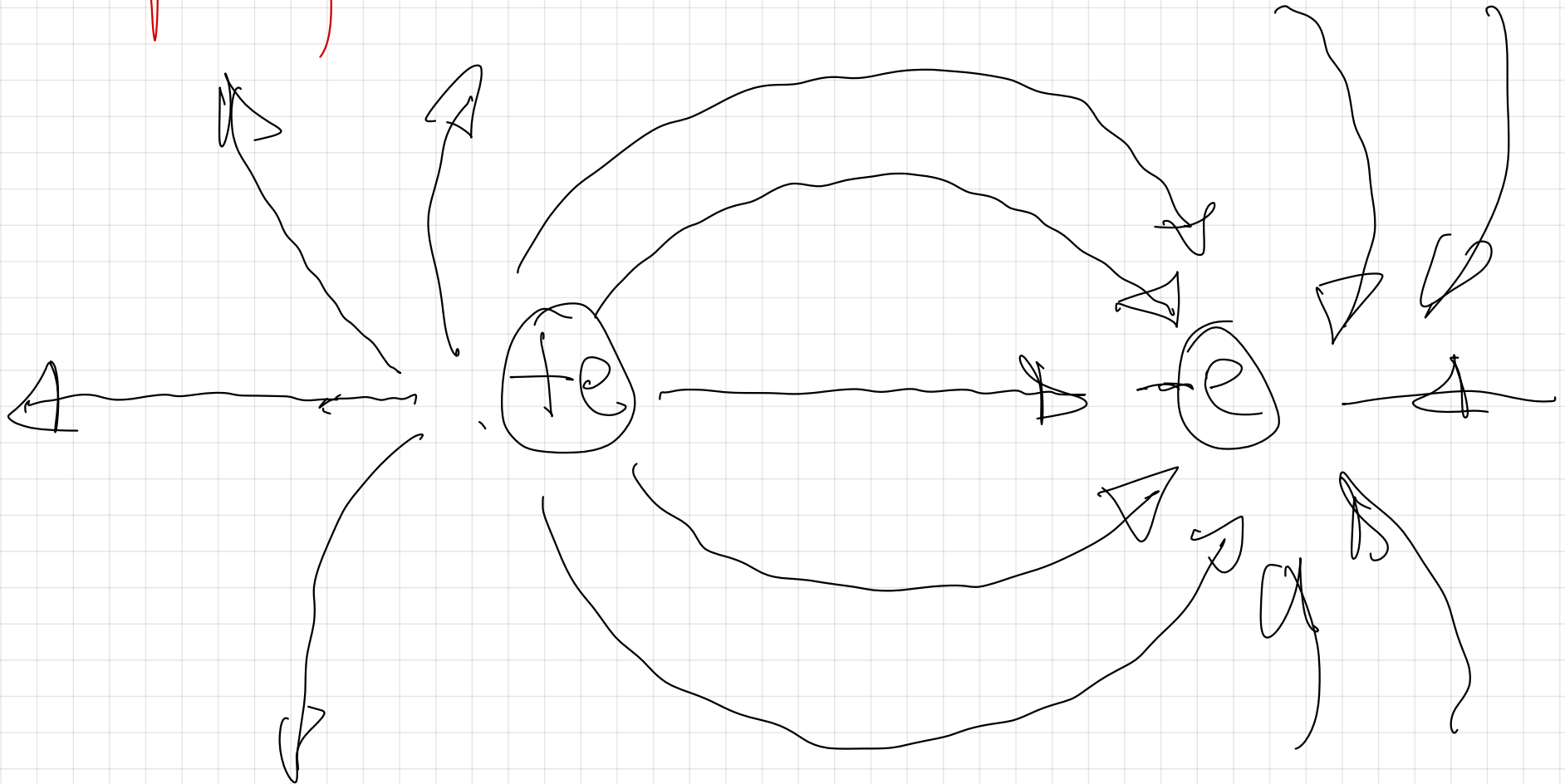
$$\vec{E} \neq 0$$

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

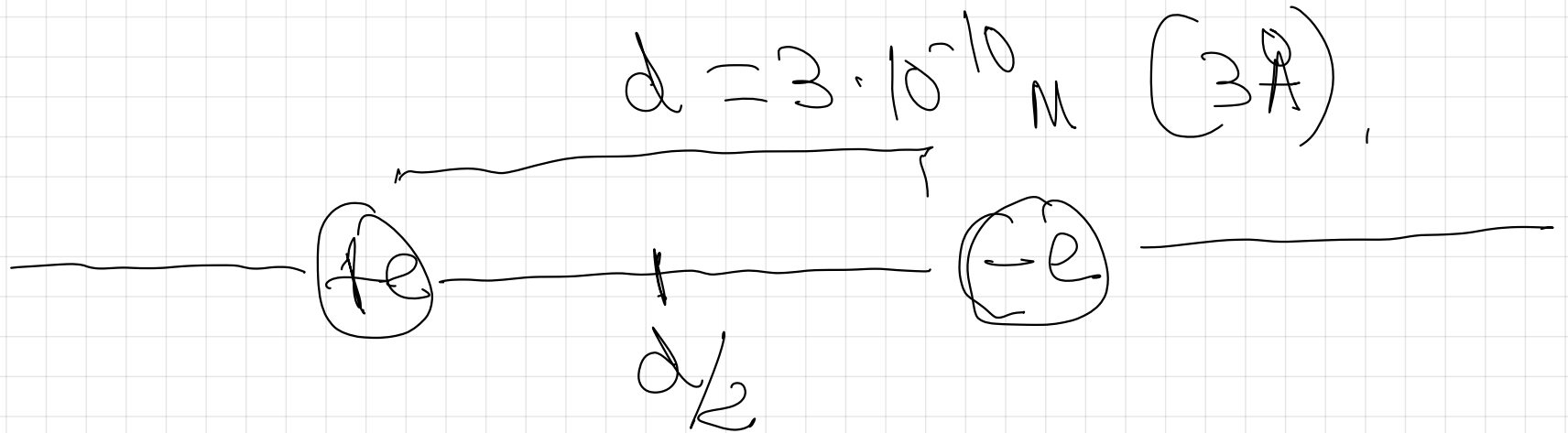
$$\vec{E} \neq 0 \text{ (distanta)}$$

Soluția a se
încinge pentru!

$$\vec{E} \neq 0 \text{ nu e anula în}$$



b)



Princípio de superposição

$$V = V_1 + V_2 = k \cdot \frac{+e}{d/2} + k \cdot \frac{-e}{d/2} = 0.$$

O potencial se anula a uma distância de ambas de $d/2 = 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.

c)

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

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

Magnitude
of electric field



$$E_p = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}) \cdot (-1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C})}{(3 \cdot 10^{-10})^2}$$

$$E_p = -7168 \cdot 10^{19} \text{ J}$$

Tanto en magnitudes vectoriales ($\vec{E}, \vec{F}$) como en escalares (E_p, V) se cumple el principio de superposición.

CUADRO RESUMEN DE LAS MAGNITUDES DEL CAMPO ELÉCTRICO

MAGNITUDES VECTORIALES	MAGNITUDES ESCALARES
Módulo y aparte dirección y sentido	Se sustituye cada carga con su signo
Fuerza $\vec{F}$ $F = K \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}$ N en S.I	Energía potencial E_p $E_p = K \cdot \frac{Q \cdot q}{r}$ J en S.I
Campo eléctrico $\vec{E}$ $E = \frac{F}{q} = \frac{K \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}}{q} = K \cdot \frac{Q}{r^2}$ $\frac{N}{C}$ en S.I $F = q \cdot E$	Potencial ^{eléctrico} gravitatorio V $V = \frac{E_p}{q} = \frac{K \cdot \frac{Q \cdot q}{r}}{q} = K \cdot \frac{Q}{r}$ $\frac{J}{C} = V$ en S.I $E_p = q \cdot V$
	Trabajo W $W_{A-B} = - \Delta E_p = - (E_{pB} - E_{pA})$ $W_{A-B} = E_{pA} - E_{pB} = q \cdot V_A - q \cdot V_B$ $W_{A-B} = q \cdot (V_A - V_B)$ J en S.I

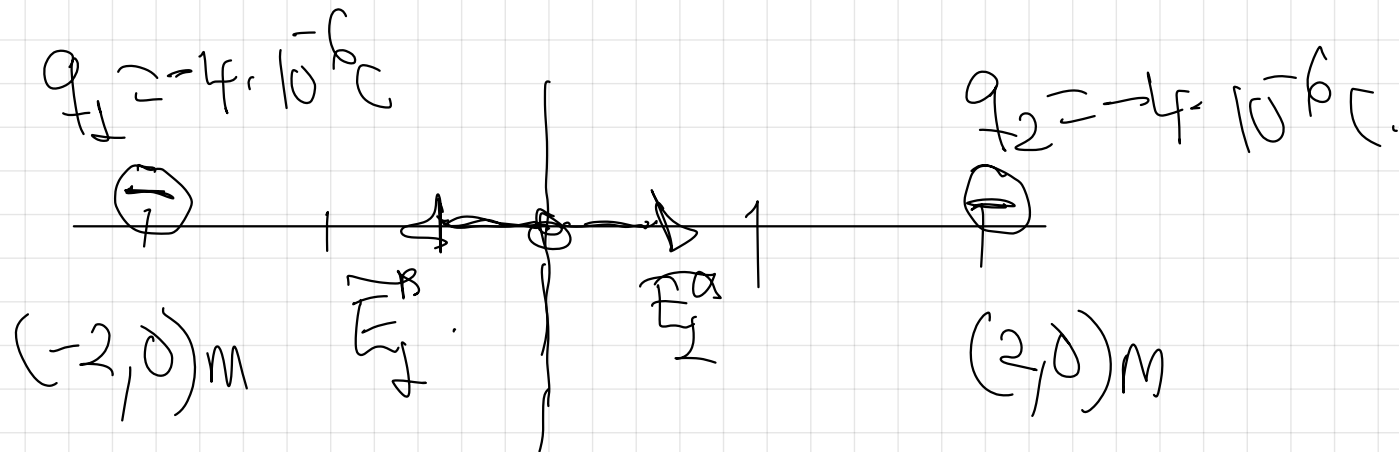
- 8.- Se tienen dos cargas idénticas $q_1=q_2=-4 \cdot 10^{-6}\text{C}$ situadas en los puntos $(-2,0)\text{ m}$ y $(2,0)\text{ m}$, respectivamente.

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

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

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



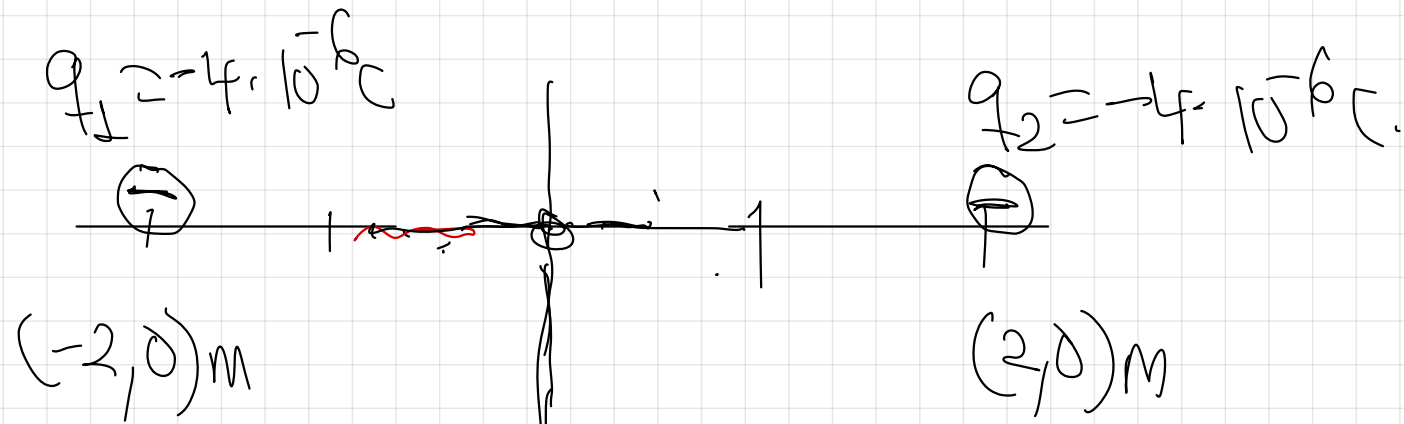
$$E = K \cdot \frac{Q}{r^2}$$

→ Son iguales

→ Son iguales

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

misma y dirección
y distinto sentido



Princípio da superposição

$$V = V_1 + V_2$$

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

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

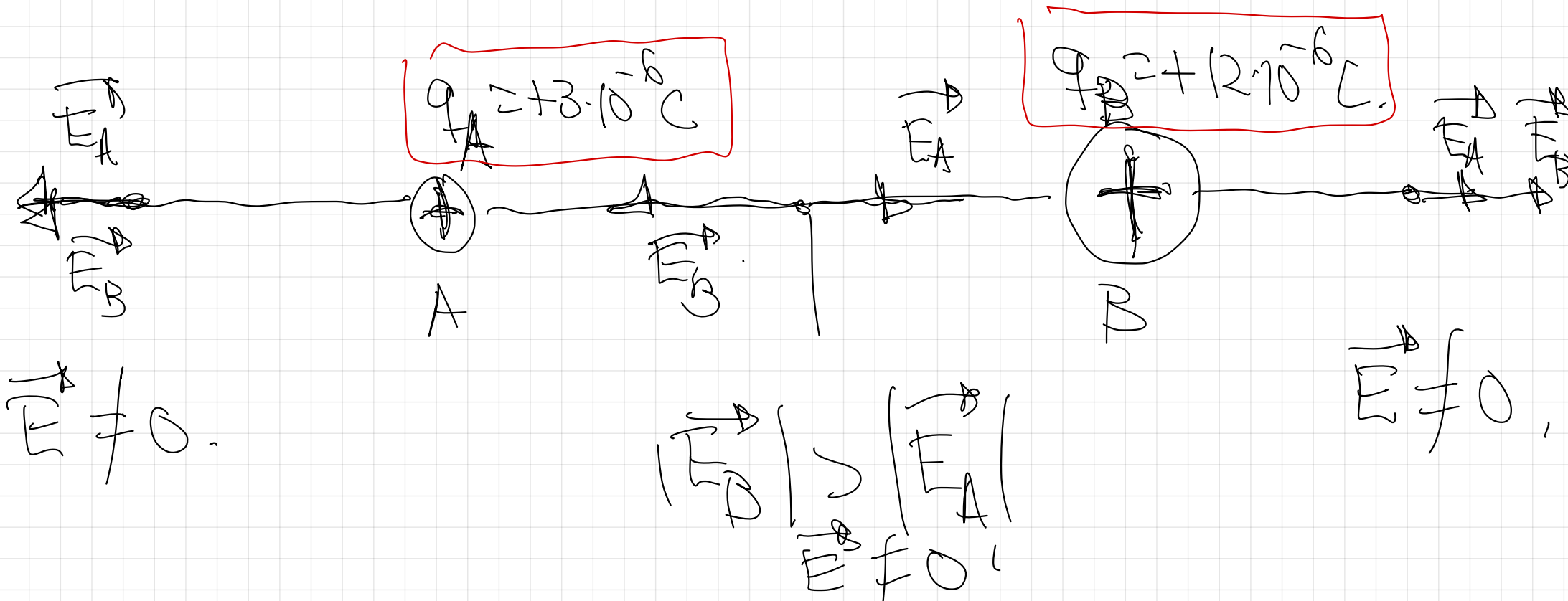
y fijay

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.

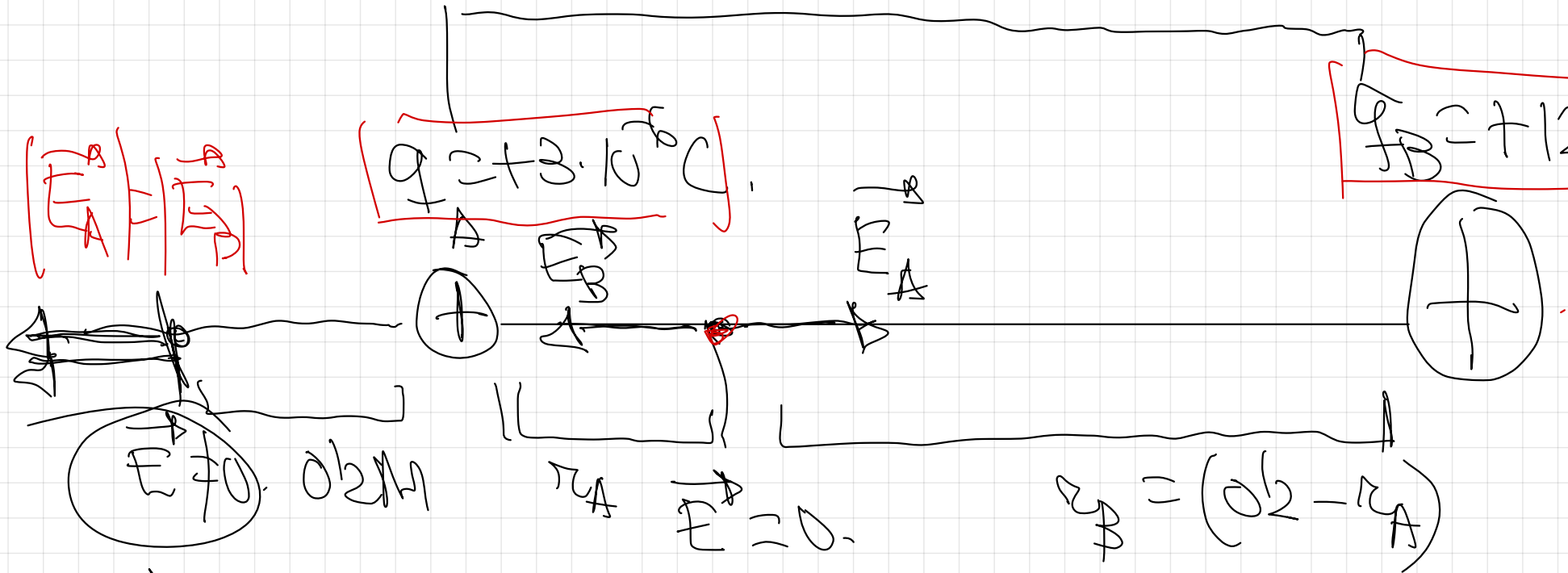
c) Razone como variará el campo electrostático al pasar de A a B
 $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$



$$20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$$

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

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



↓
mesmo
sentido

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

$$\cancel{k} \cdot \frac{q_A}{r_A^2} = \cancel{k} \cdot \frac{q_B}{(0.2 - r_A)^2}$$

$$\frac{3 \cdot 10^{-6}}{r_A^2} = \frac{12 \cdot 10^{-6}}{(0.2)^2 - 2 \cdot 0.2 \cdot r_A + r_A^2}$$

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

$$9 \cdot 10^{-6} r^2 + 1.2 \cdot 10^{-6} r - 1.2 \cdot 10^{-7} = 0 \Rightarrow$$

$$r = \frac{-1.2 \cdot 10^{-6} \pm \sqrt{(1.2 \cdot 10^{-6})^2 + 4 \cdot 9 \cdot 10^{-6} \cdot 1.2 \cdot 10^{-7}}}{2 \cdot 9 \cdot 10^{-6}} = \boxed{0.06 \text{ m}} \rightarrow \text{Solution}$$

a r =
dist

a) El potencial en un punto cualquiera es:

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

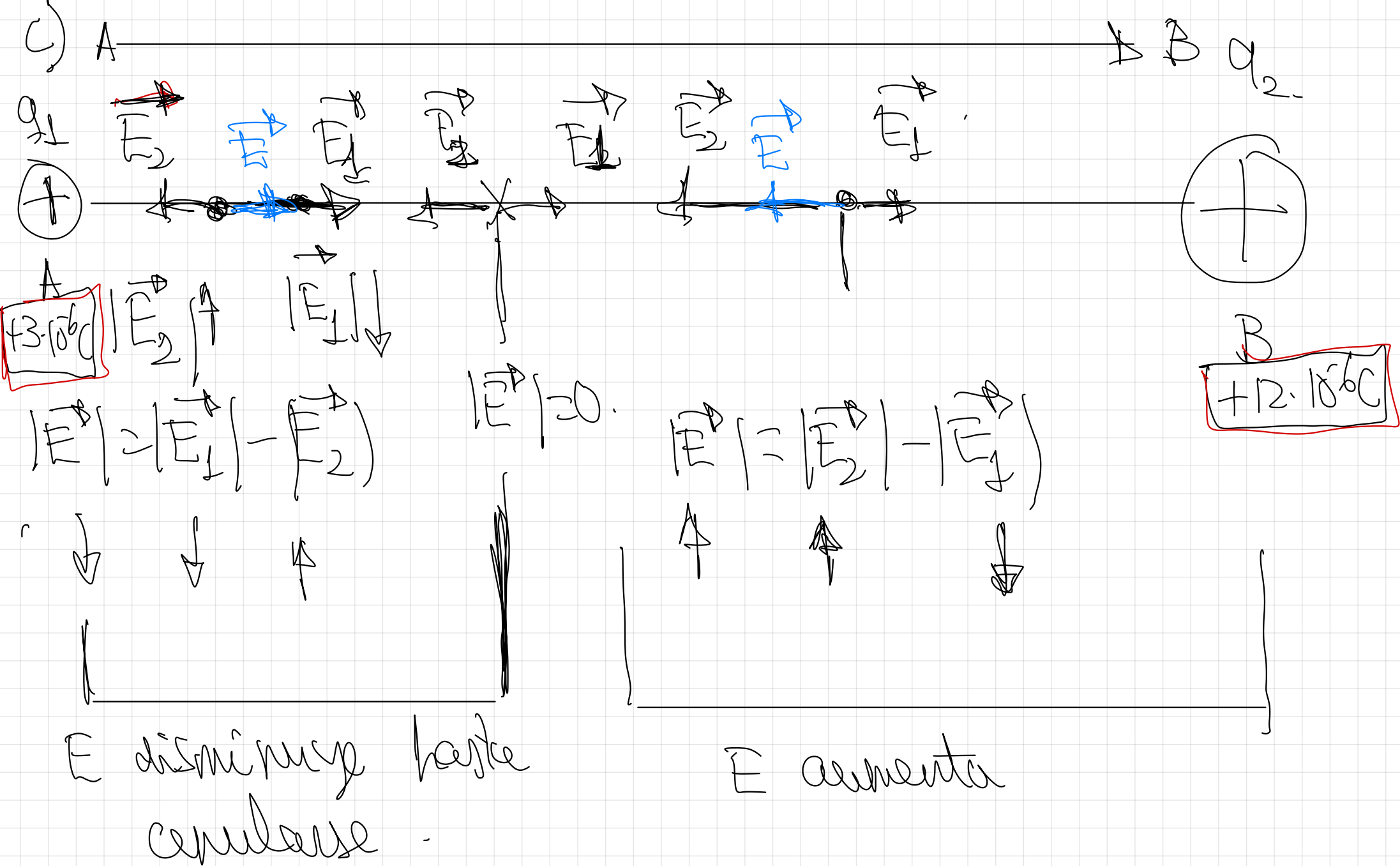
Solvo en el infinito en donde el potencial por definición es nulo

$V \neq 0$ (suma de dos potenciales positivos que nunca se anularán)

10 C)

~~FB~~
E

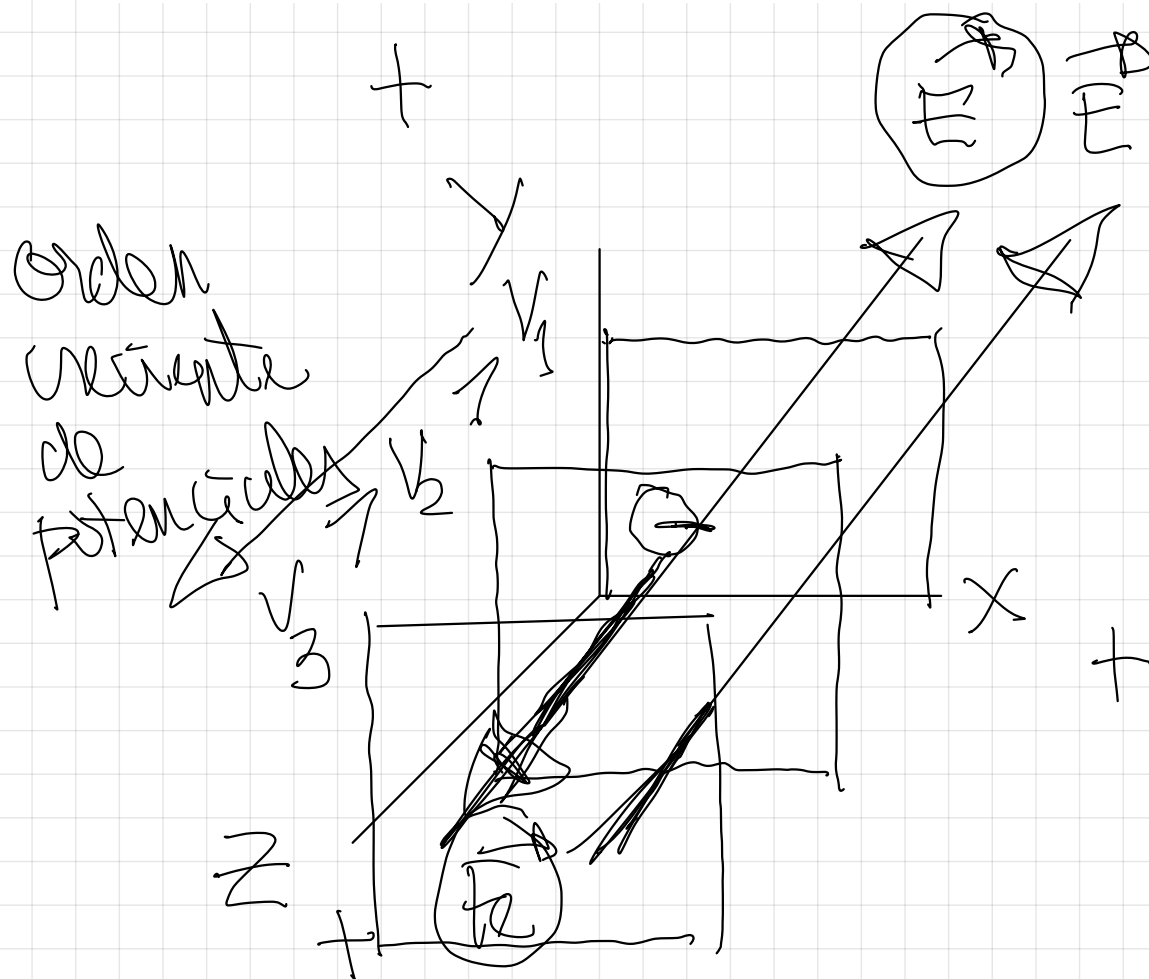
como viene $\rightarrow$



▷ 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?

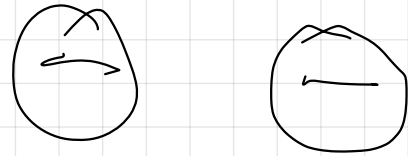


$$W_{A \rightarrow B} = q \cdot (V_A - V_B) \rightarrow 0$$

$$V_A > V_B$$

Orden de potenciales decreciente.

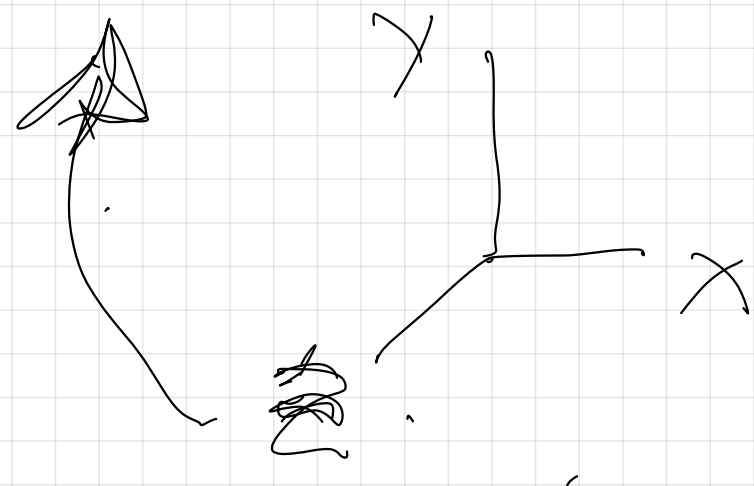
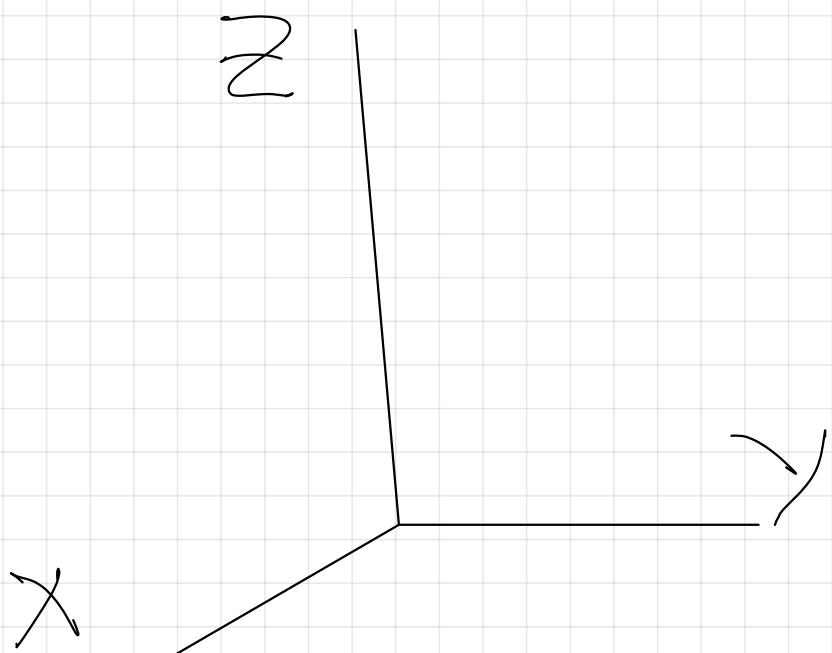
$$W_{A \rightarrow B} = q \cdot (V_A - V_B) > 0 \quad \text{Espontáneamente}$$



$$V_A < V_B$$



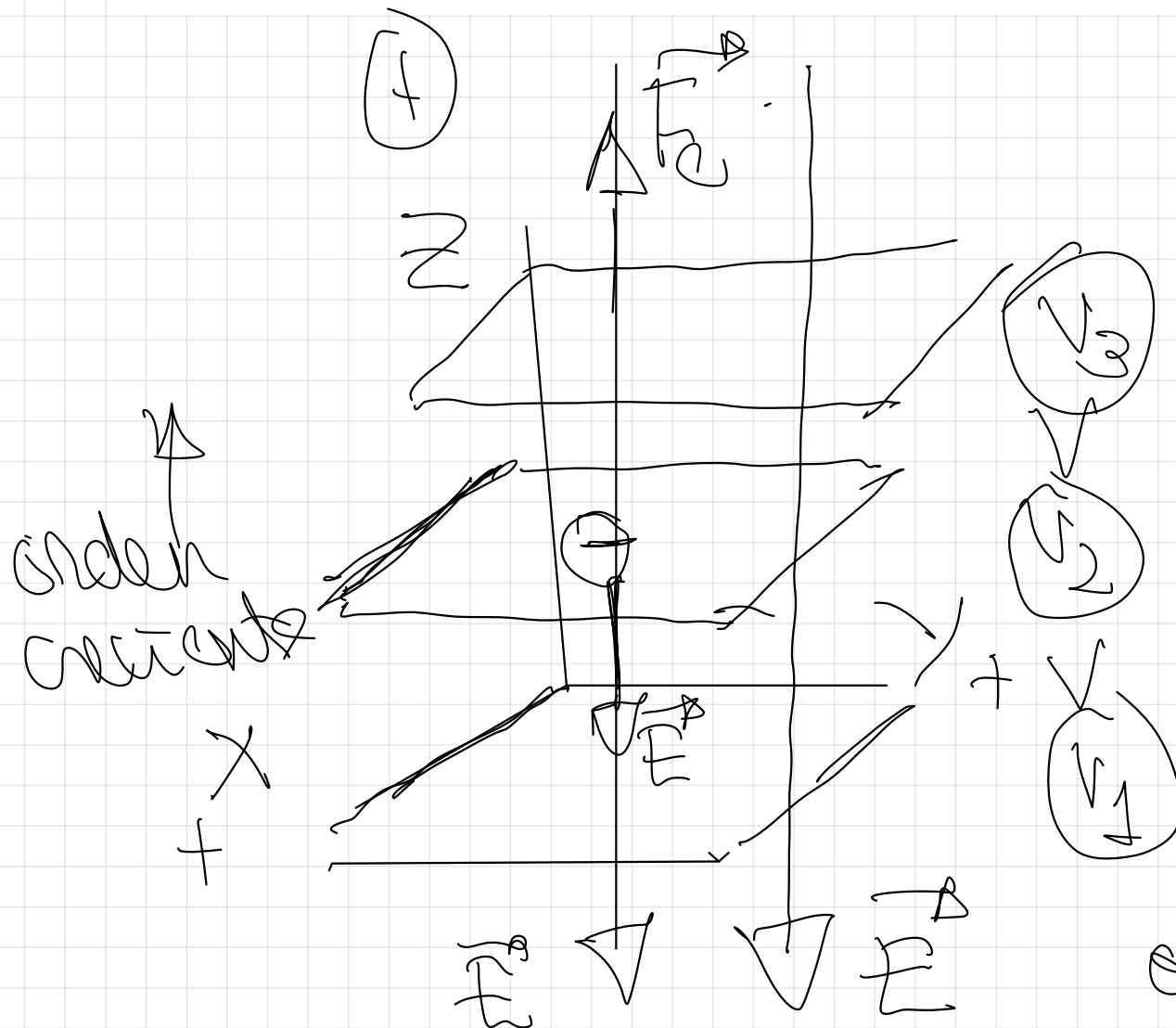
Se mueve en el orden
creciente de potenciales



► 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

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



orden decreciente $V_A > V_B$

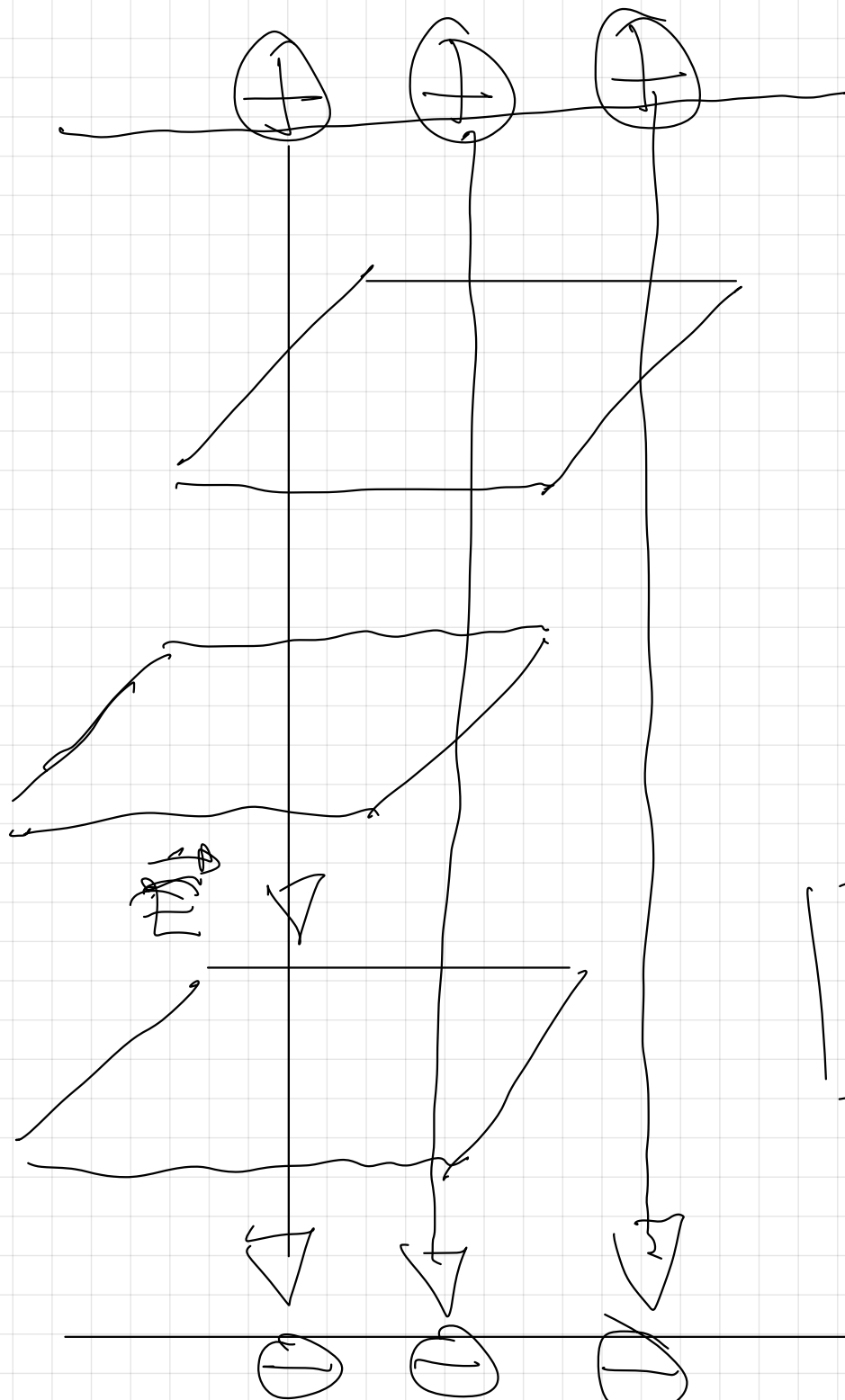
$$V_A \rightarrow B = f. (V_A - V_B) > 0.$$

①

①

$$V_A < V_B$$

ordon croissante.



linhas de campo
paralelas
significa que
 E é uniforme.

$$|E| = da$$

Se cada um da
distribuição de

cargas.

Esta tarde 17:30h reunión.
microsoft teams descargar aplicación.
Entrar en modo de y pinchar enlace.

Mañana 17:30h examen - en el
mismo aula que el anterior.

Tandas de ejercicios



2020-2021 →

Reserva campo
gravitatório.

Reserva 1 e 2.

PEVAN GRAVIT(V)

Simulação chance gravitatório.

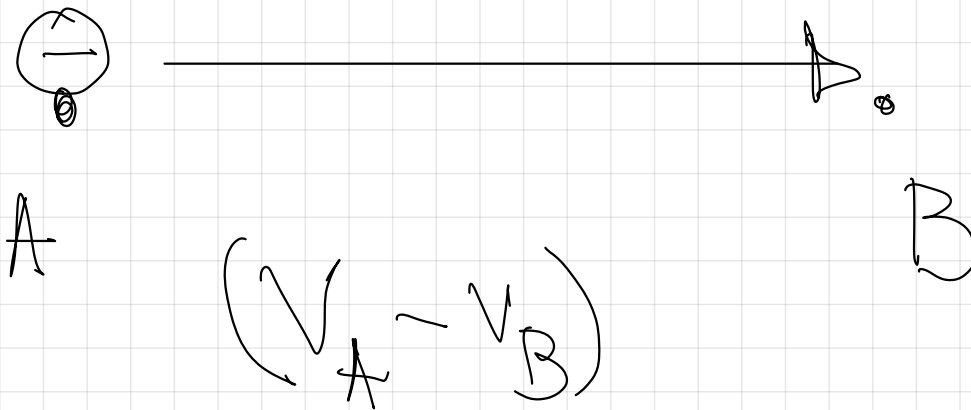
▷ 14.- Para mover un electrón desde un punto A hasta otro B se debe realizar un trabajo de $8 \cdot 10^{-15} \text{ J}$ por parte de las fuerzas del campo

a) Calcular la diferencia de potencial entre esos dos puntos

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

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

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



$W_{A \rightarrow B} = 8 \cdot 10^{-15} \text{ J}$
(espontáneo)

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

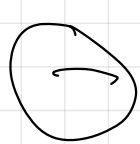
Se sustituye cada carga por su valor.

$$(V_A - V_B) = \frac{W_{A \rightarrow B}}{q} = \frac{8 \cdot 10^5 \text{ J}}{16 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 5 \cdot 10^4 \text{ V} \quad \boxed{-5 \cdot 10^4 \text{ V}}$$

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



$$W = q \cdot (V_A - V_B) > 0 \rightarrow \text{Espontanea}$$



$$V_A - V_B < 0$$

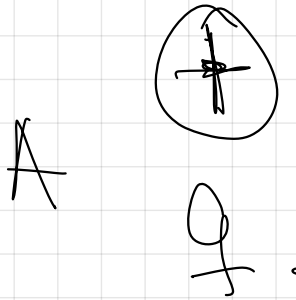
$$V_A < V_B$$


B está a un potencial mayor,
 las cargas se desplazan espontáneamente
 en el orden de los potenciales crecientes

- > 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.

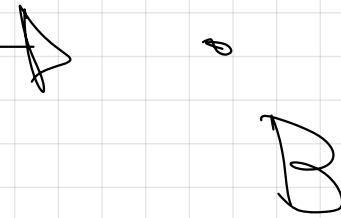
Trampa: Con el apartado a) la iteración
 es largo que estudiar para una carga
 q positiva y para otra carga q
 negativa.

Caso de $q \oplus$



$$V_A > V_B$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{Como ver en la} \\ E_p \end{array} \right]$$



→

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

Otra forma:

$$E_p = q \cdot V$$

+

+

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

la $E_p \downarrow$



$$-\Delta E_{P_{A \rightarrow B}} > 0$$

$$-(E_{PB} - E_{PA}) > 0$$

$$E_{PA} - E_{PB} > 0$$

$$E_{PA} > E_{PB} \rightarrow \text{la } E_p \downarrow$$

$$E_{PA} = q \cdot V_A$$

+

$$V_A > V_B$$

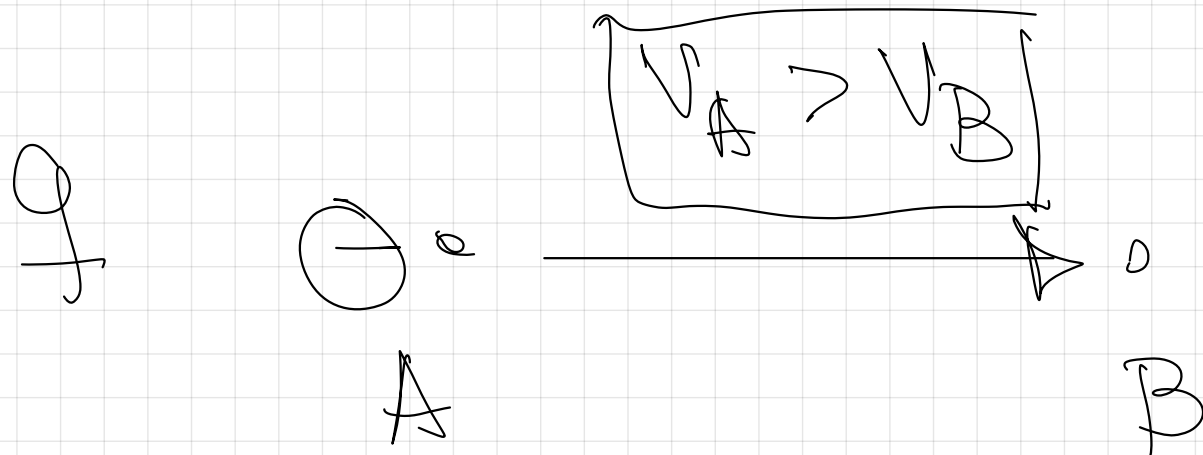
$$E_{PB} = q \cdot V_B$$

+

$$\boxed{E_{PA} > E_{PB}}$$

la E_p diminue

Para el caso de una carga negativa,



¿Como varia la E ?

Otra forma,

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

$$\ominus \quad \oplus$$

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

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

$$E_p = q \cdot V$$

$$E_{pA} = q \cdot V_A$$

$$- \Delta E_{PA \rightarrow PB} < 0$$

$$\Rightarrow (E_{PB} - E_{PA}) < 0$$

$$E_{PA} - E_{PB} < 0$$

$$E_{PA} < E_{PB}$$

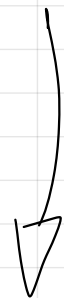
La E_p augmente,

$$v_A > v_B$$

$$E_{PB} = q v_B$$

①

$$\Delta E < 0$$

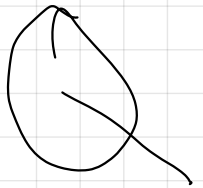
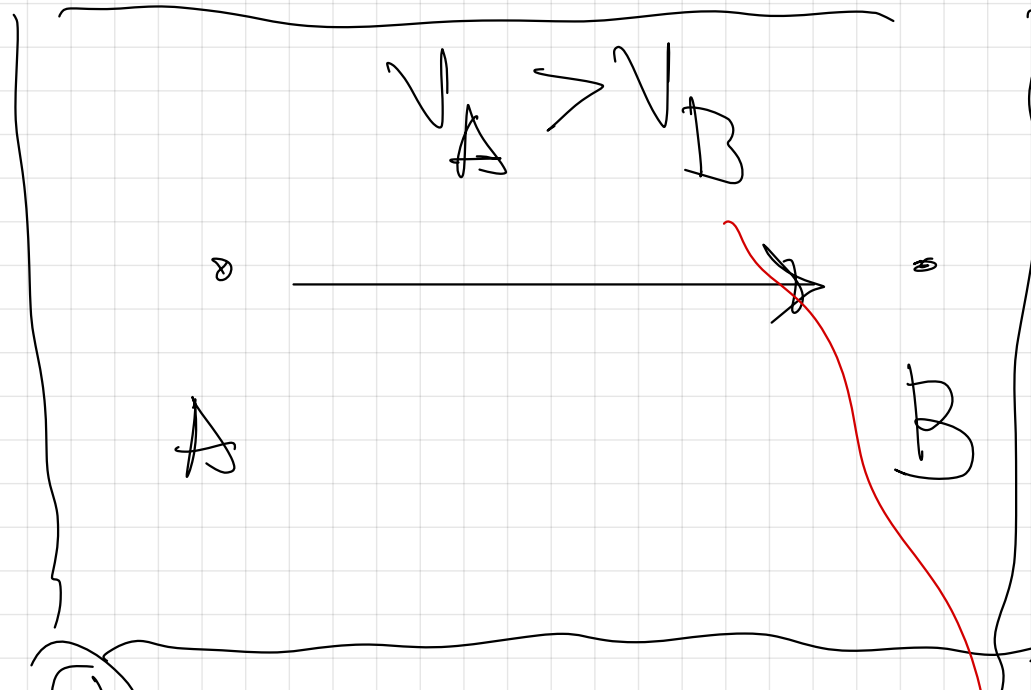


$$E_{PA} < E_{PB}$$

La E_p augmente,

b.)

Condición fija.



Si Q tiene $\oplus$

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

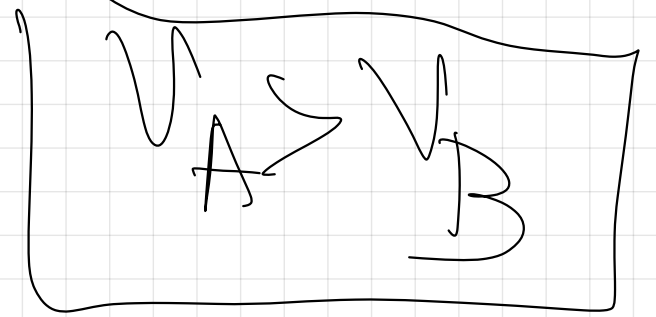
No es lo que dice el problema.

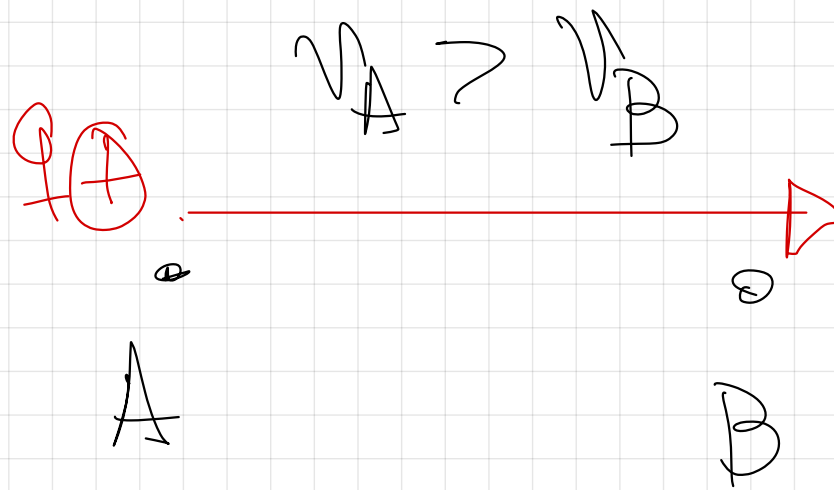
~~$V_A < V_B$~~

Si Q posee $\ominus$

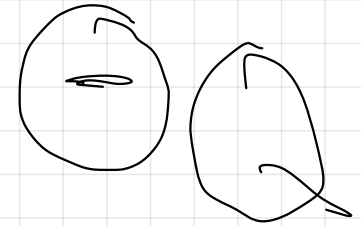
→ La carga es
negativa.

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

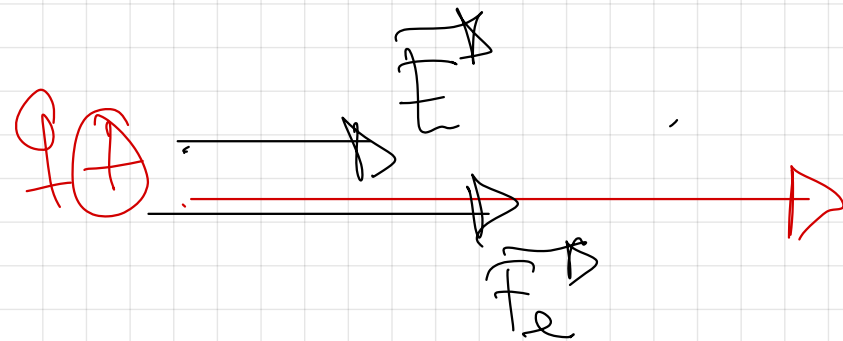




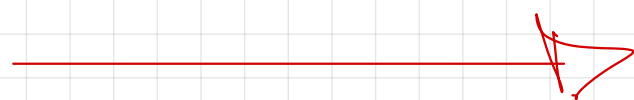
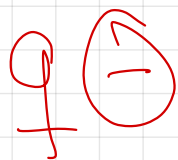
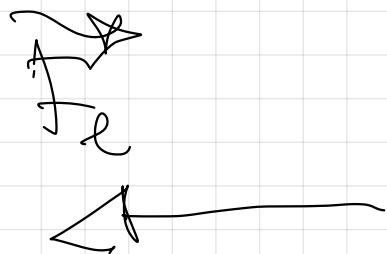
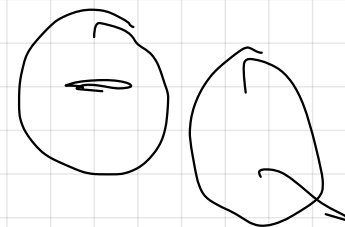
Spontaneous.



No spontaneous

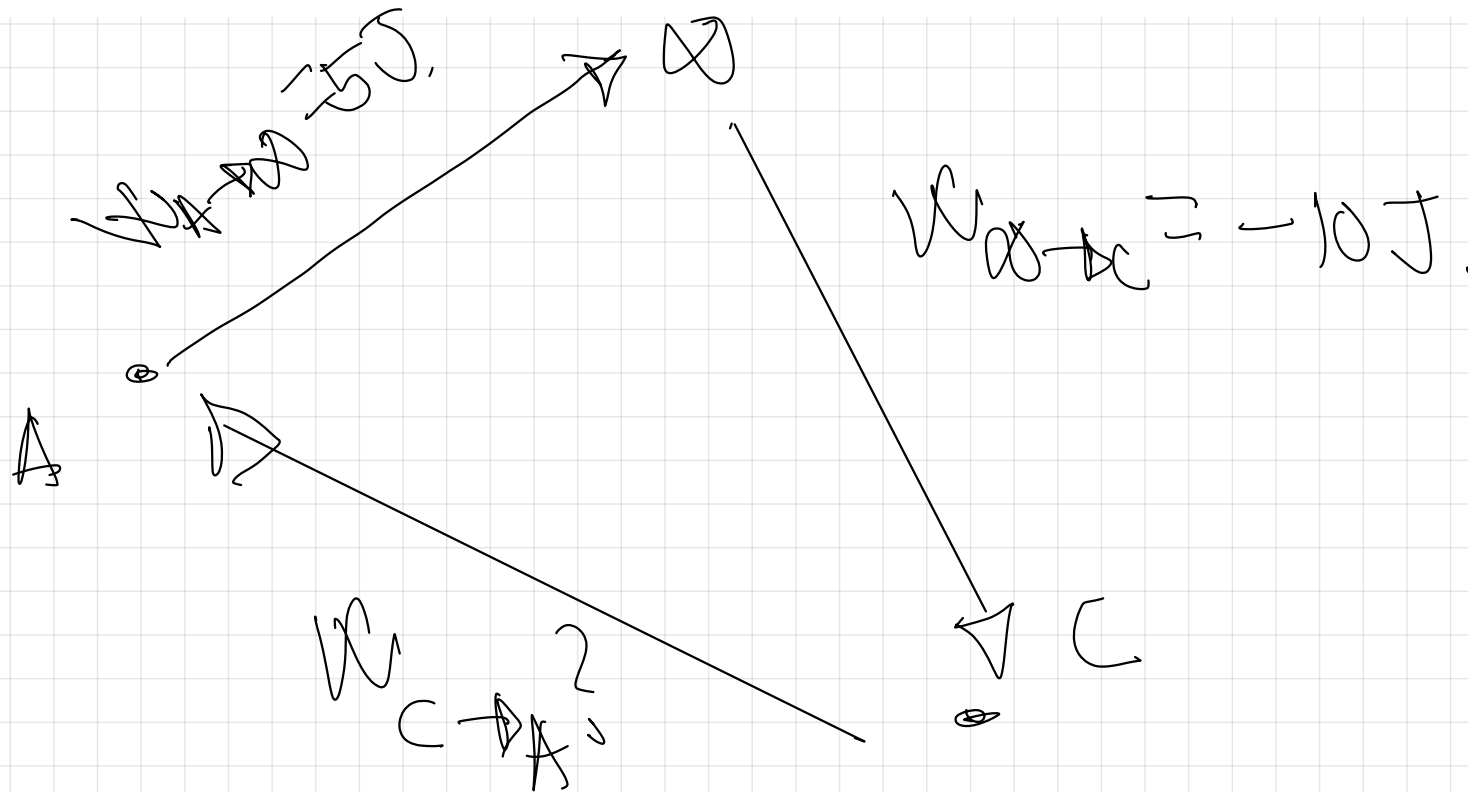


Spontaneous.



No spontaneous

- 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 ?, ¿por qué?



a) El campo electrostático es conservativo el trabajo es independiente de la trayectoria.

En la trayectoria cerrada,

$$W_{A \rightarrow A} = \oint_C \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

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

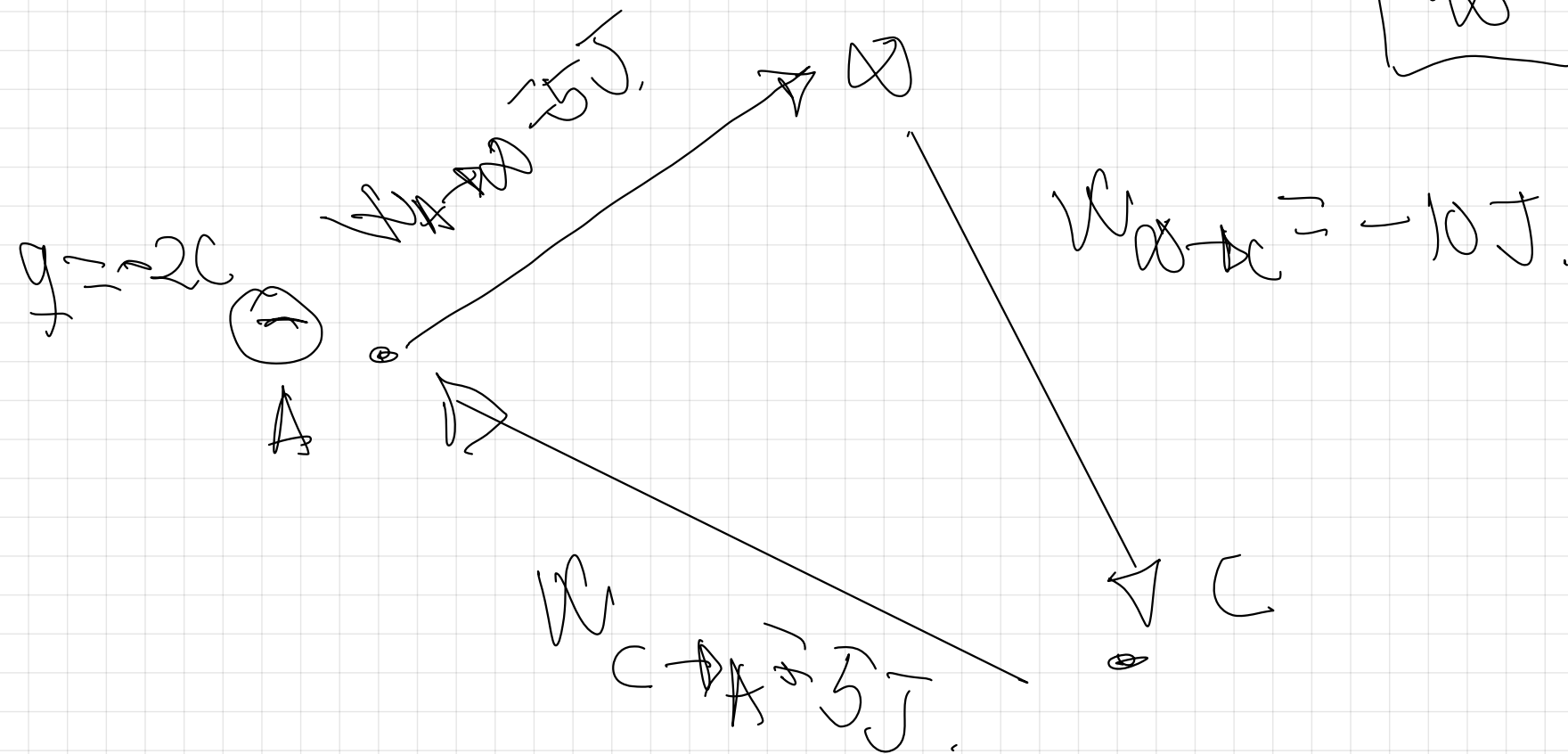
$$W_{A \rightarrow A} = W_{A \rightarrow B} + W_{B \rightarrow C} + W_{C \rightarrow A}$$

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

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

$$\boxed{V_{\infty} = 0}$$

↑ Pot definition



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

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

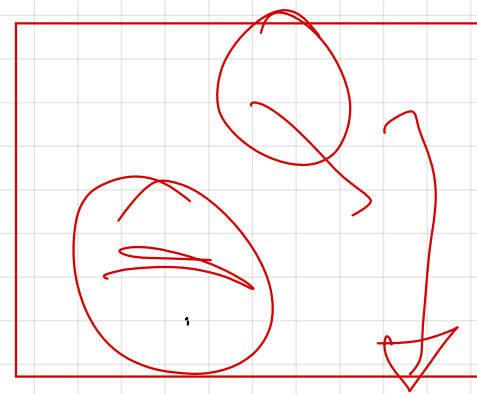
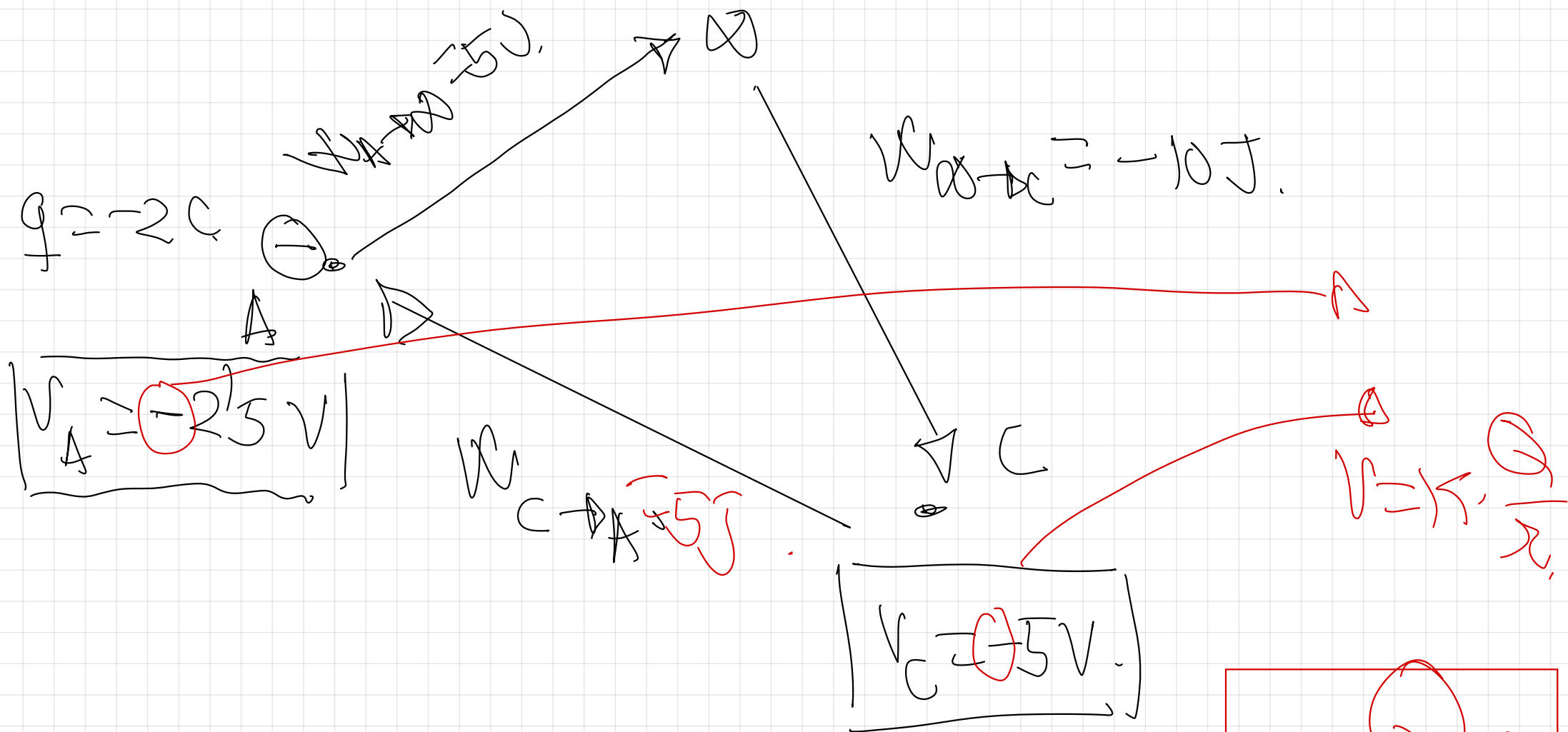
$$V_A = \frac{V_{A \rightarrow \infty}}{q} = \frac{55}{-2e} = \boxed{-2.5V}$$

Magnitude $\nwarrow$ scalar.

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

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

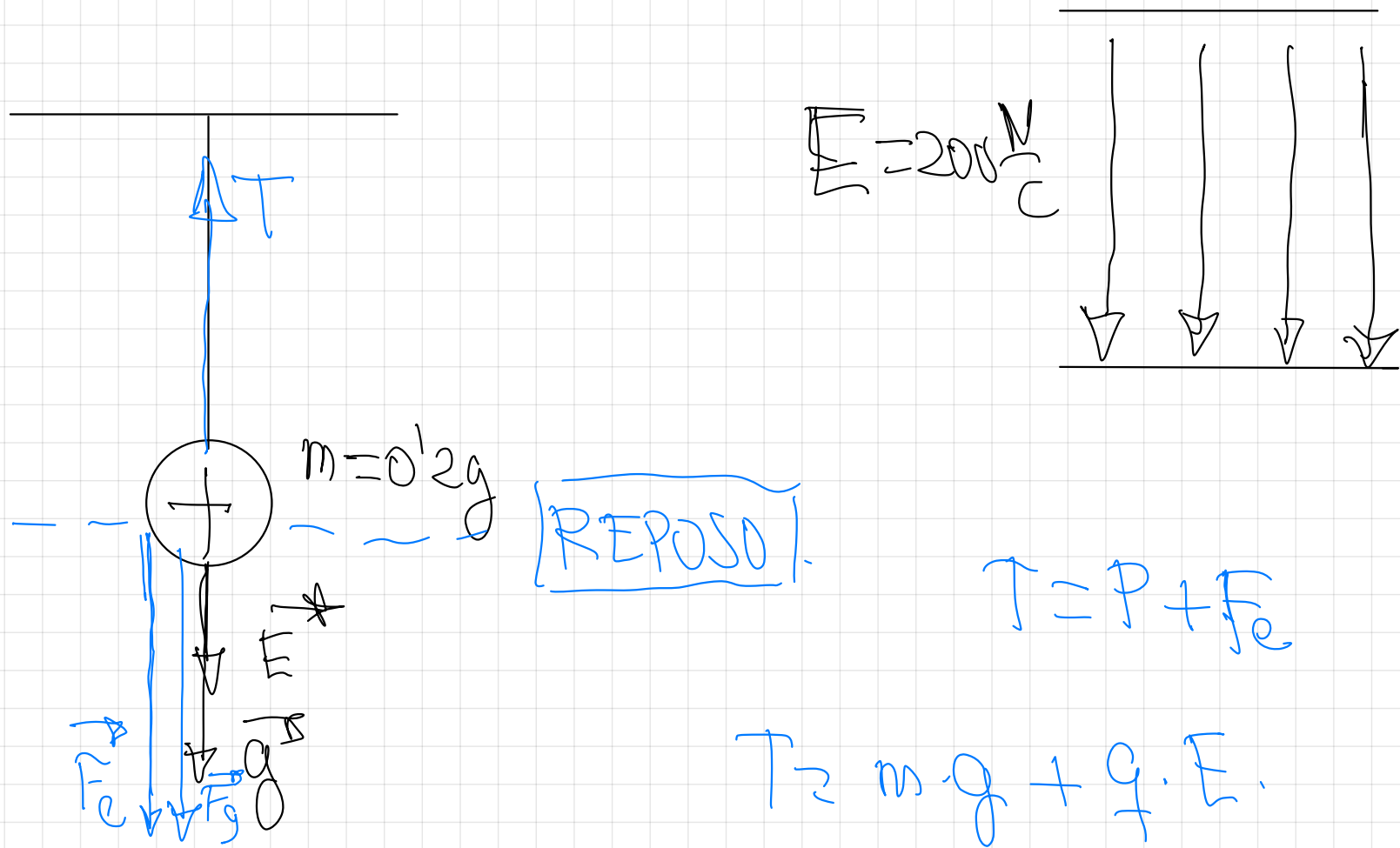
$$V_C = \frac{W_{\infty \rightarrow C}}{-q} = \frac{-10 \text{ J}}{-(-2 \text{ C})} = -5 \frac{\text{J}}{\text{C}} = -5 \text{ V}$$



los potenciales los crea una única carga Q . Si estos son negativos (magnitud escalar), la única opción es que los crea una carga Q negativa.

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 $E=200$ N/C dirigido en la dirección del eje OY hacia abajo. Sabiendo que $g=10$ m·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



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

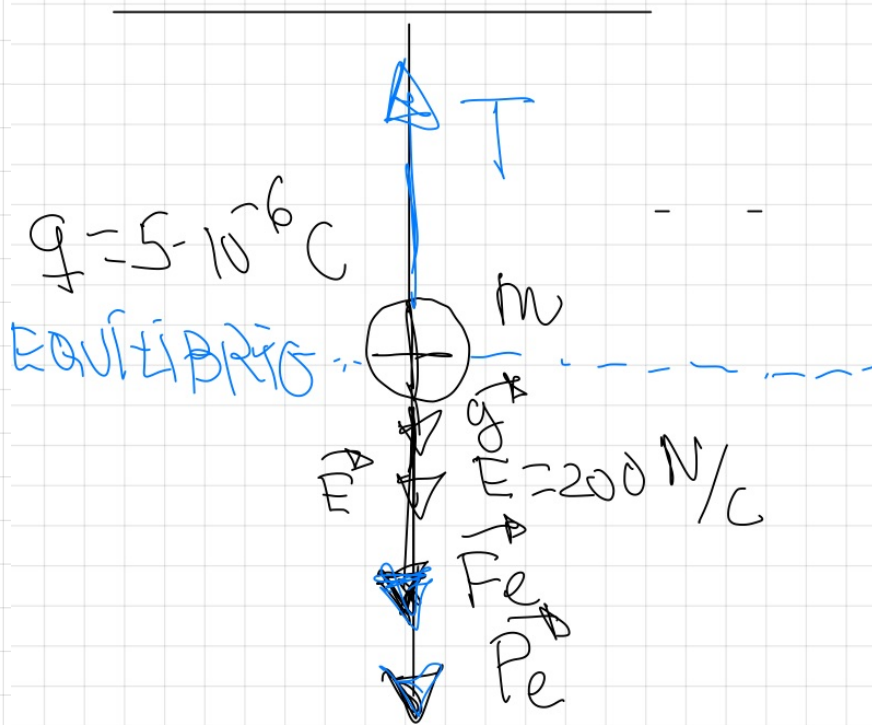
a)

$$P = m \cdot g = 2 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

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

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

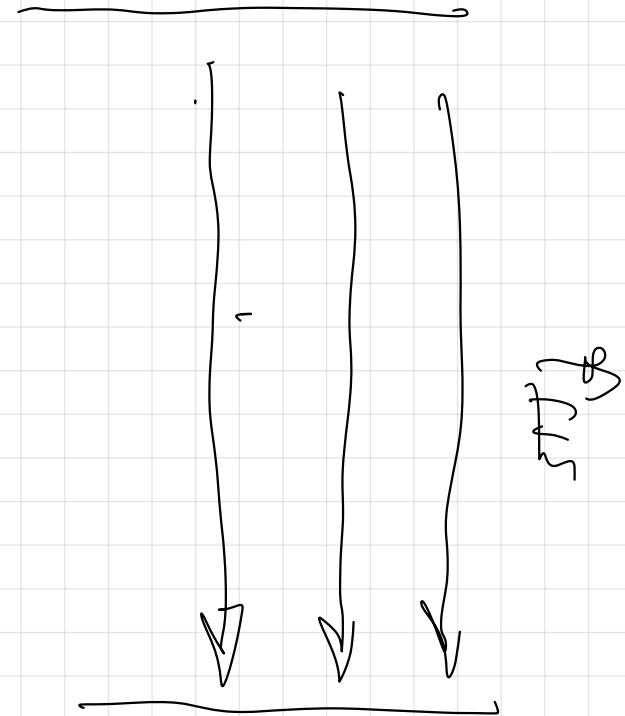
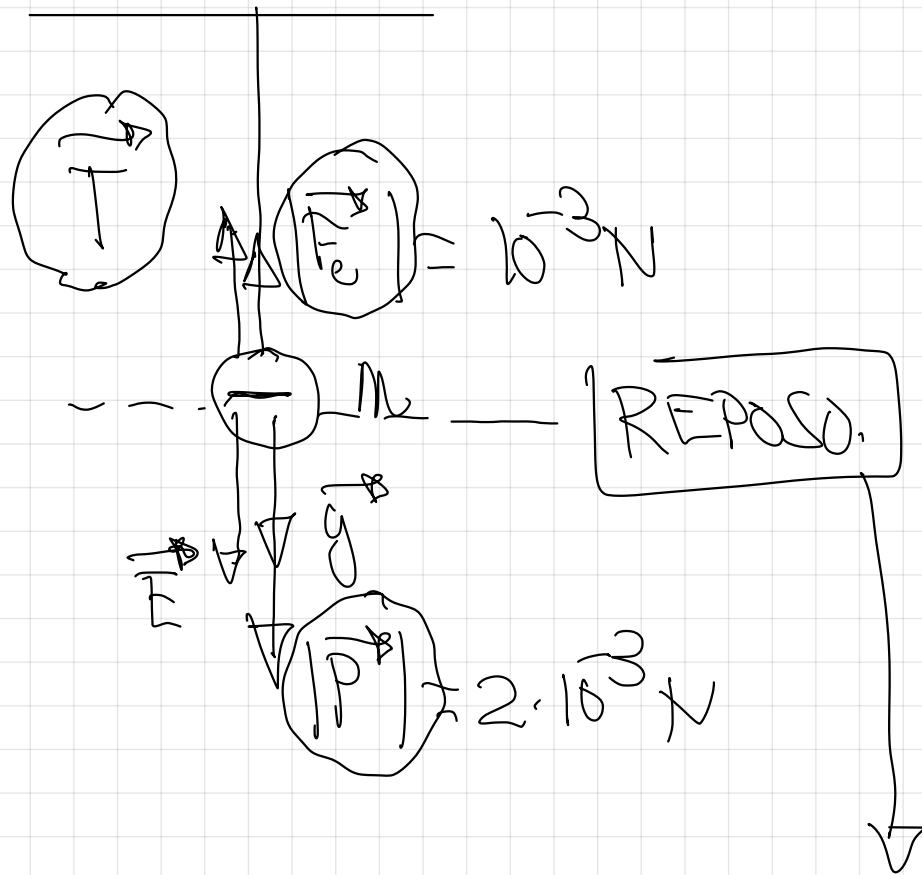
$$\boxed{F_e = 10^{-3} \text{ N}}$$



$$T = P + F_e$$

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

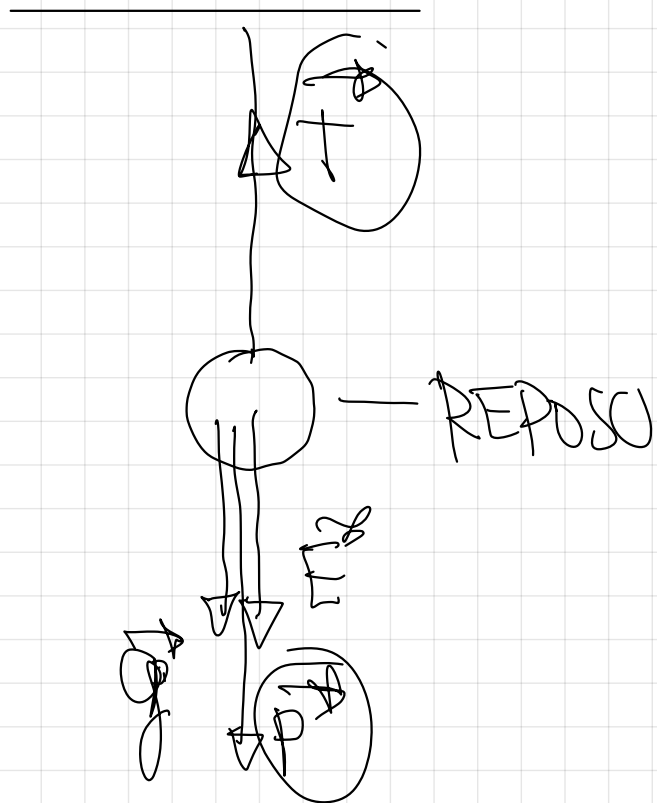
$$\boxed{T = 3 \cdot 10^{-3} \text{ N}}$$



$$T + F_e = P.$$

$$T = P - F_e$$

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



$$\vec{H}_c = \vec{g} \cdot \vec{E} = 0.$$

$$\left(\begin{array}{c} \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{array} \right)$$

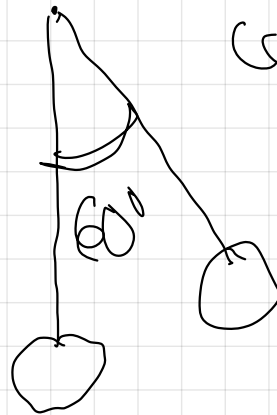
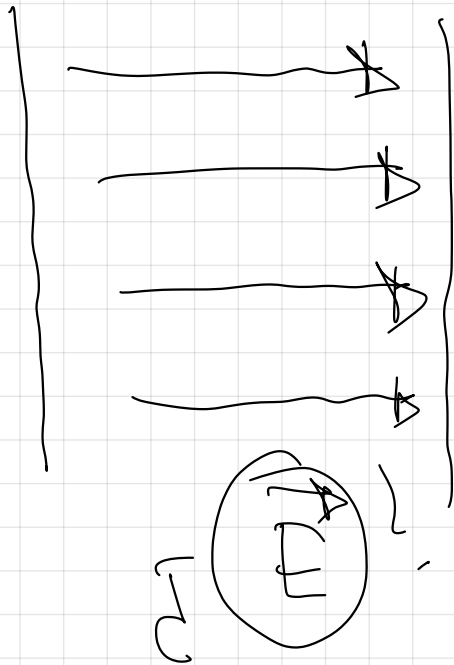
$$T = 2 \cdot 10^{-3} \text{ N.}$$

c) Si se pierde la carga

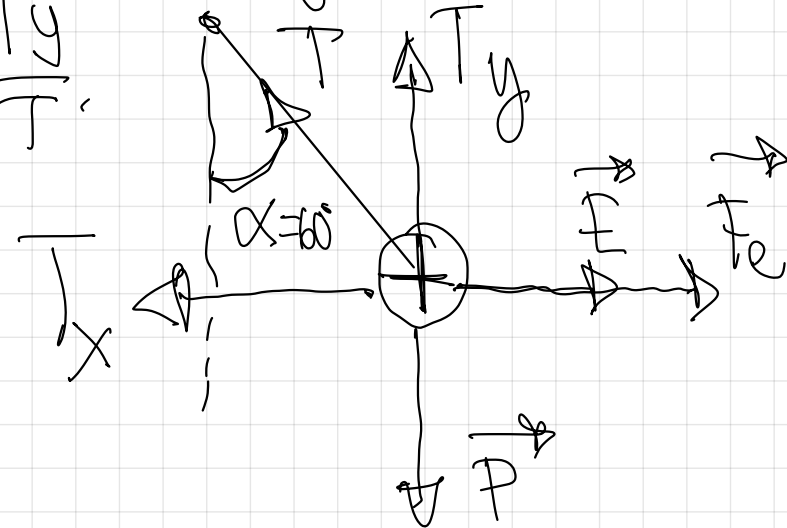
> **40.-** Una bolita de 1 g, cargada con $+5 \cdot 10^{-6}$ C, pende de un hilo que forma un ángulo de 60° con la vertical, en una región en la que existe un campo eléctrico uniforme en dirección horizontal.

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

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



$$\text{Sea } \alpha = \frac{T_x}{T} \Rightarrow T_x = T \cdot \sin \alpha$$
$$\cos \alpha = \frac{T_y}{T}$$



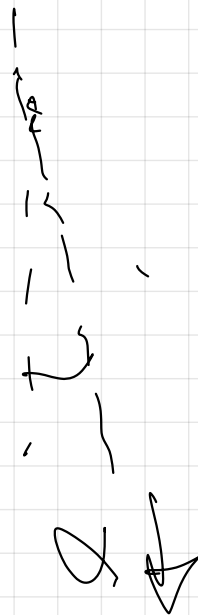
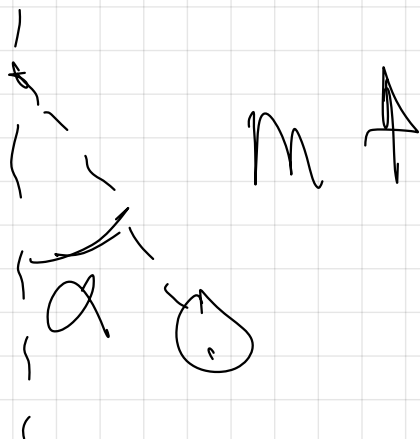
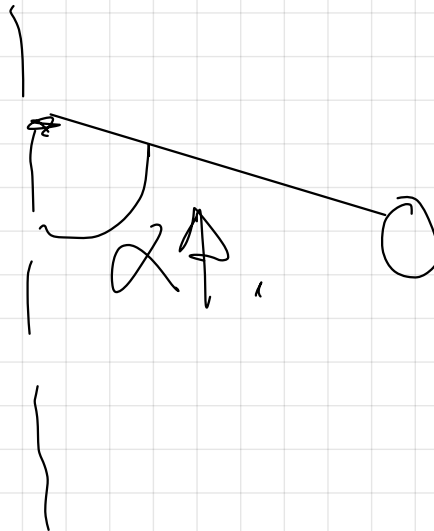
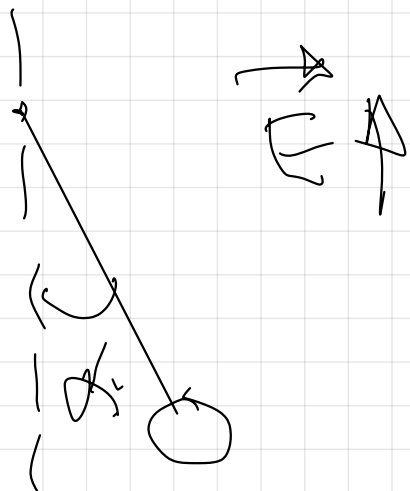
REPOSO

$$\begin{aligned}
 \text{eje } x &\Rightarrow T_x = F_e \\
 \text{eje } y &\Rightarrow T_y = P.
 \end{aligned}
 \quad \left. \begin{aligned}
 T \cdot \sin \alpha &= q \cdot E \\
 T \cdot \cos \alpha &= m \cdot g
 \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{\cancel{T} \cdot \sin \alpha}{\cancel{T} \cdot \cos \alpha} = \frac{q \cdot E}{m \cdot g} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{q \cdot E}{m \cdot g}$$

$$E = \frac{m \cdot g \cdot \tan \alpha}{q} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot \tan 60^\circ}{5 \cdot 10^{-6}} = 3464 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

b)



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

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

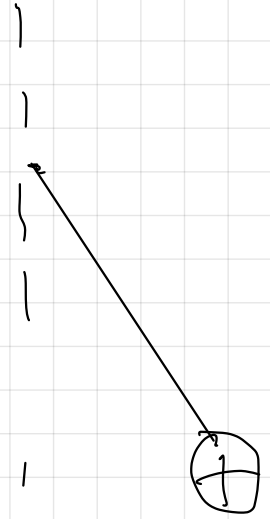
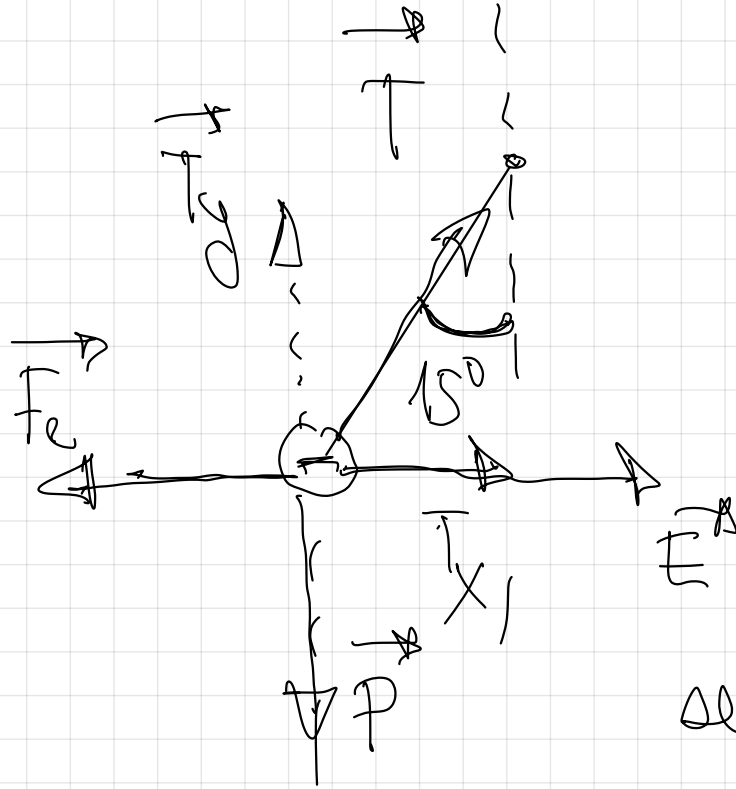
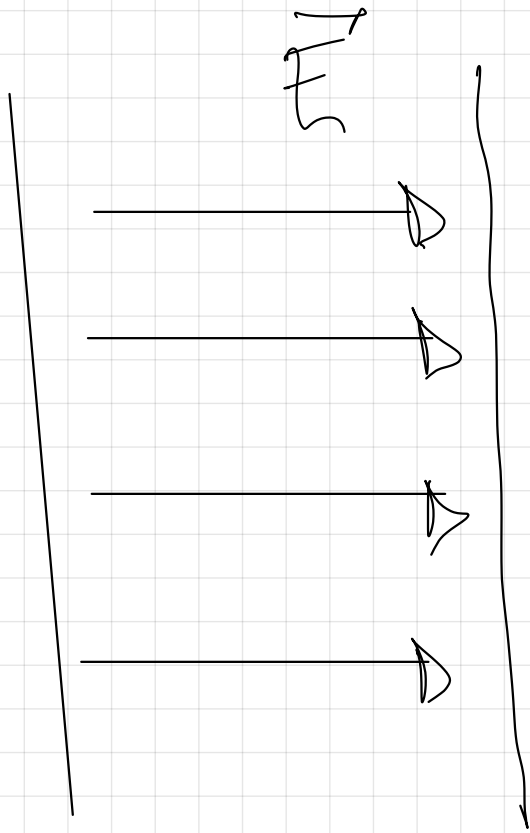
$$\tan \alpha = \frac{q \cdot E}{m \cdot g} \Rightarrow \alpha \downarrow$$

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.

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.

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



$$\left. \begin{array}{l} \text{axe } x \\ \text{axe } y \end{array} \right\} \begin{array}{l} T_x = F_e \\ T_y = P \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} T \cdot \sin 15^\circ = q \cdot E \cdot l \\ T \cdot \cos 15^\circ = m \cdot g \end{array} \right\}$$

$$\sin 15^\circ = \frac{T_x}{T} \quad T_x = T \cdot \sin 15^\circ$$

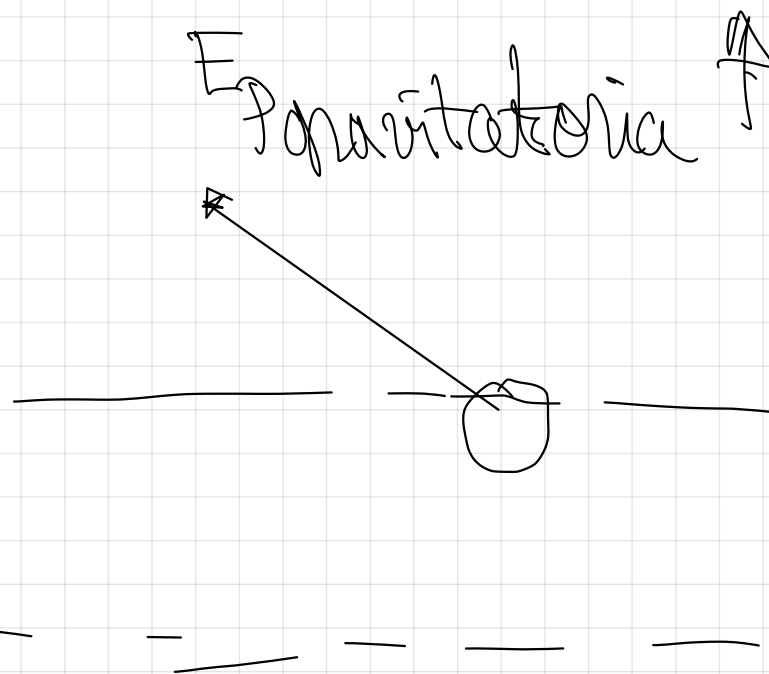
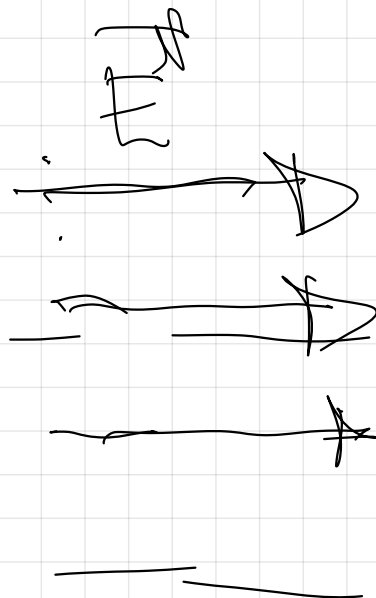
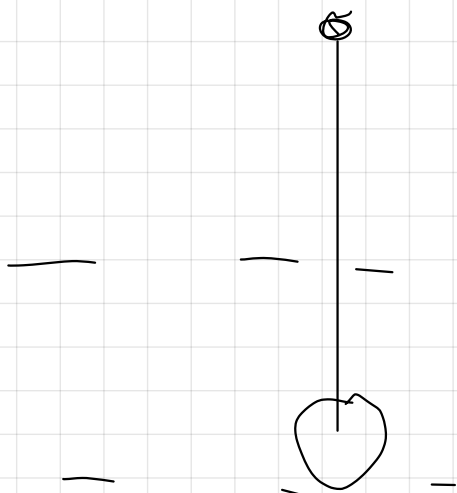
$$\cos 15^\circ = \frac{T_y}{T} \quad T_y = T \cdot \cos 15^\circ$$

$$\frac{F \cdot \sin 15^\circ}{F \cdot \cos 15^\circ} = \frac{q \cdot E}{m \cdot g}$$

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

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

$$q = 5,36 \cdot 10^{-6} \text{ C} \rightarrow \text{Es se valor absoluto.}$$



$$\Delta E_{\text{eléctrica}} = \Delta E_{\text{gravitatoria}}$$

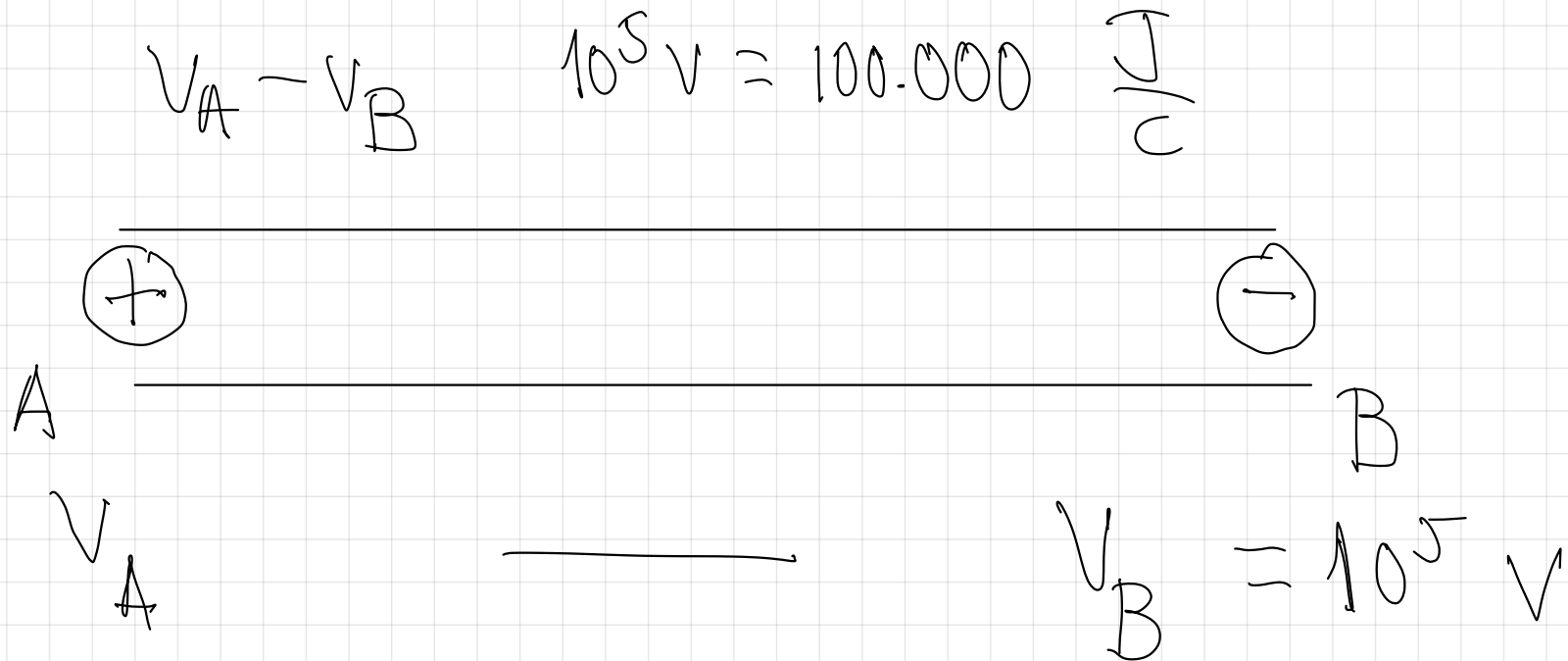
19.- Un acelerador lineal consiste básicamente en un tubo donde se ha hecho el vacío y entre cuyos extremos se establece una diferencia de potencial. Las partículas cargadas introducidas en un extremo del tubo se aceleran dirigiéndose hacia el otro extremo.

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? *para obtener la misma velocidad*

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



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

(+)

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

(-)

$$- \Delta E_{\text{potential}} = \underbrace{W_{A \rightarrow B} = \Delta E_{C_{A \rightarrow B}}}_{\uparrow}$$

U^2

(-)

~~A~~

$$U_0 = 10^2 \frac{\text{N}}{\text{s}}$$

~~(-)~~

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

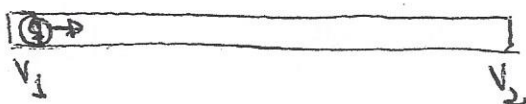
$$q \cdot (v_A - v_B) = \frac{1}{2} m_e v_B^2 - \frac{1}{2} m_e v_A^2$$

$$-16 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot \left(-10^5 \frac{\text{V}}{\text{C}} \right) = \frac{1}{2} \cdot 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot v_B^2 - \frac{1}{2} \cdot 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot (10^3)^2$$

$$v_B = 1187 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

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

19



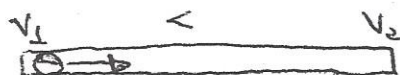
- a) La diferencia de potencial entre los extremos hace que esta carga se desplace espontáneamente desde el extremo 1 al extremo 2 del tubo.

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

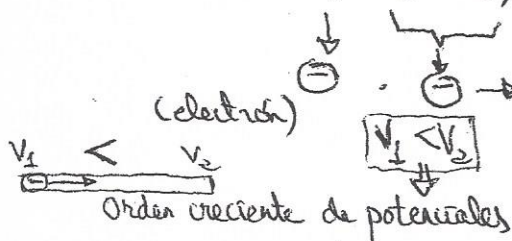
$-\Delta E_{p_{1 \rightarrow 2}} = W_{1 \rightarrow 2} = \Delta E_{c_{1 \rightarrow 2}} \Rightarrow$ La partícula disminuye su E_p eléctrica, y mediante la realización de un trabajo espontáneo por parte de las fuerzas del campo eléctrico existente, la disminución de energía potencial pasa a incremento de energía cinética. Si la partícula aumenta su energía cinética, ello significa que habrá aumentado de velocidad, y por tanto habrá sido acelerada.

b)

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



$$W_{1 \rightarrow 2} = q \cdot (V_1 - V_2) > 0 \Rightarrow \text{El trabajo ha de ser espontáneo.}$$



La diferencia de potencial $V_1 - V_2$ ha de ser negativa también, por eso la diferencia de potencial que nos dan de $10^5 V$ ha de ser $V_2 - V_1 = 10^5 V$ para que $V_1 - V_2 = -10^5 V$

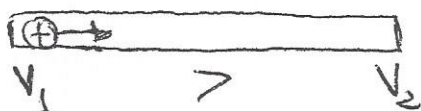
$$W_{1 \rightarrow 2} = \Delta E_{c_{1 \rightarrow 2}}$$

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

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

$$v_2 = 1.87 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

- c) Si hubiera que modificar la experiencia ya que para acelerar espontáneamente una carga positiva el orden de potenciales tendrá que ser inverso $W_{1 \rightarrow 2} = q \cdot (V_1 - V_2) > 0$ luego si ahora $V_1 - V_2 > 0 \Rightarrow V_1 > V_2$



Al igual que antes:

$$-\Delta E_{p_{1 \rightarrow 2}} = |W_{1 \rightarrow 2} = \Delta E_{c_{1 \rightarrow 2}}| \Rightarrow$$

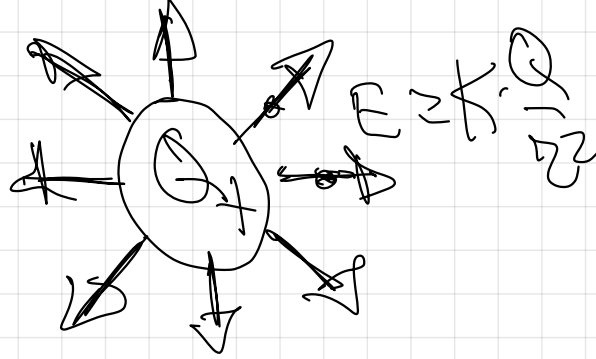
El orden de potenciales tendrá que ser inverso al anterior, haciendo que el potencial en el extremo de partida sea mayor que en el extremo de llegada,

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

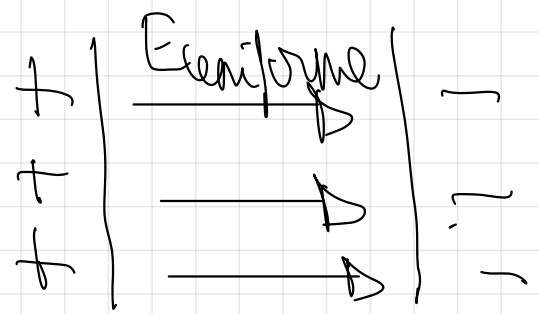
$$q \cdot (V_1 - V_2) = \frac{1}{2} m_p (v_2^2 - v_1^2)$$

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

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



NO UNIFORME



VÁLIDO TANTO PARA CAMPO
ELÉCTRICO UNIFORME
COMO PARA CAMPO ELÉCTRICO
NO UNIFORME

VÁLIDO SOLO PARA
CAMPO ELÉCTRICO UNIFORME

$E_{uniforme} (cte)$

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

$$\left\{ \begin{array}{l} W_{A \rightarrow B} = q \cdot (V_A - V_B) \\ W_{A \rightarrow B} = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 \end{array} \right\}$$

PARA TODO

$$\begin{array}{l} cte \\ A \\ F = q \cdot E \end{array}$$

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

$$\begin{array}{l} cte \\ F = q \cdot E \end{array}$$

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

$$\begin{array}{l} cte \\ F = m \cdot a \end{array}$$

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

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

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

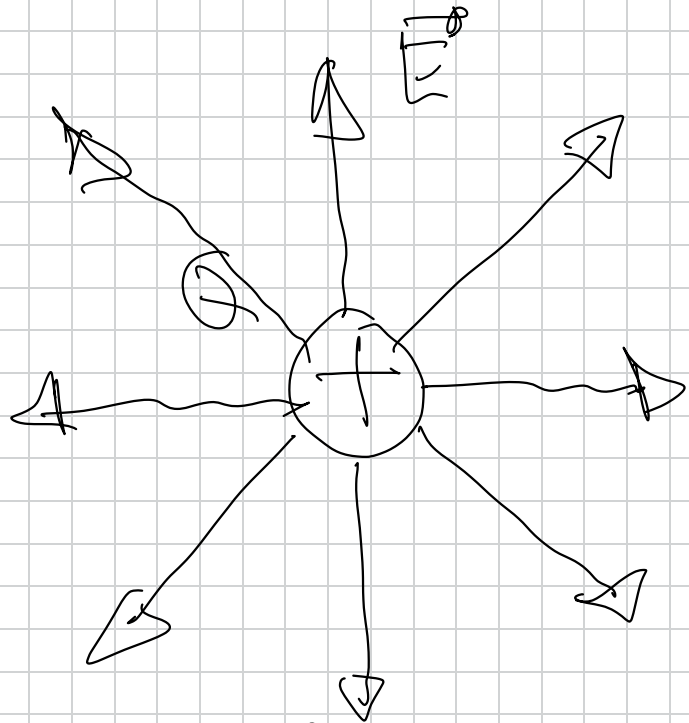
$$q \cdot E = m \cdot a$$

MRUA

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

$$\begin{array}{l} v = v_0 + a \cdot t \\ s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2 \\ v^2 = v_0^2 + 2 a s \end{array}$$

$\vec{E} \rightarrow$ NO UNIFORME

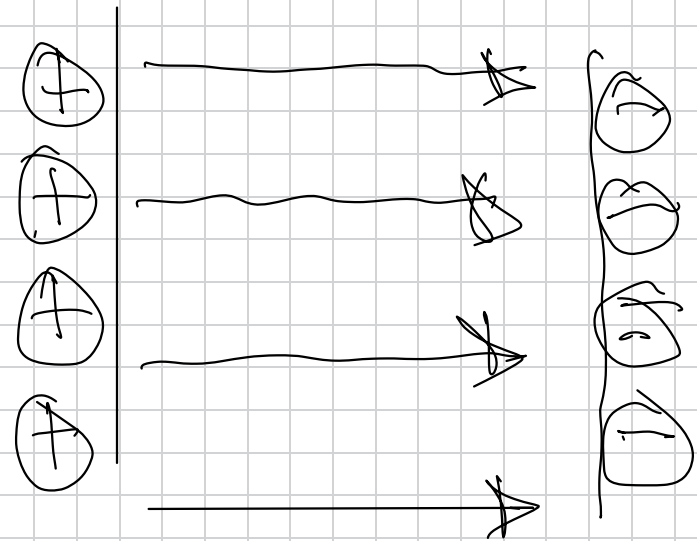


$$E = \frac{k \frac{Q}{r^2}}{r} = k \frac{Q}{r^2}$$

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

NO UNIFORME

$\vec{E} \rightarrow$ UNIFORME.



linhas de campo
paralelas

$\vec{E} \rightarrow$ uniforme.

NO UNIFORME

$$\left[\begin{array}{c} - \Delta E_{\text{ph}} \approx W_{A \rightarrow B} \\ \text{ph} \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \Delta E_{\text{c}} \\ \text{ph} \end{array} \right]$$

$$W_{A \rightarrow B} = - (E_{\text{ph}} - E_{\text{pa}})$$

$$W_{A \rightarrow B} = E_{\text{pa}} - E_{\text{ph}}$$

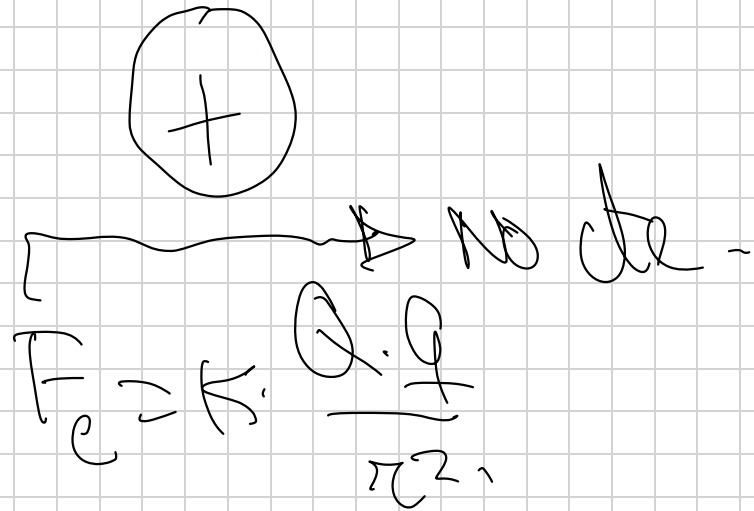
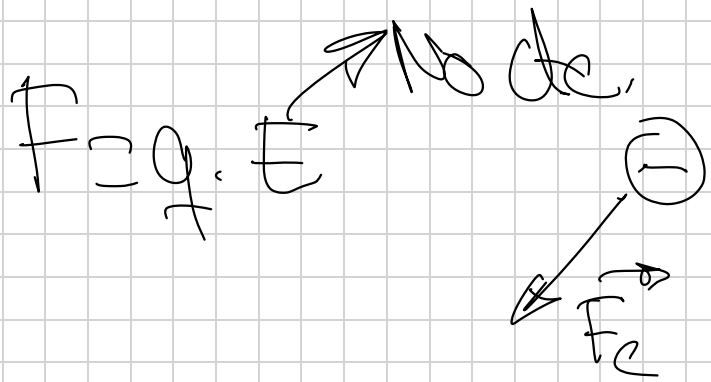
$$W_{A \rightarrow B} = q \cdot V_A - q \cdot V_B$$

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

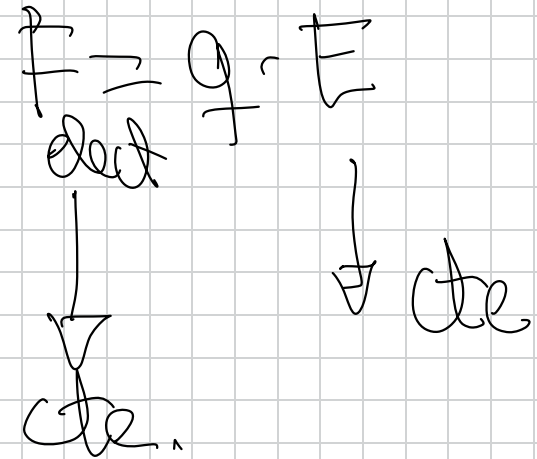
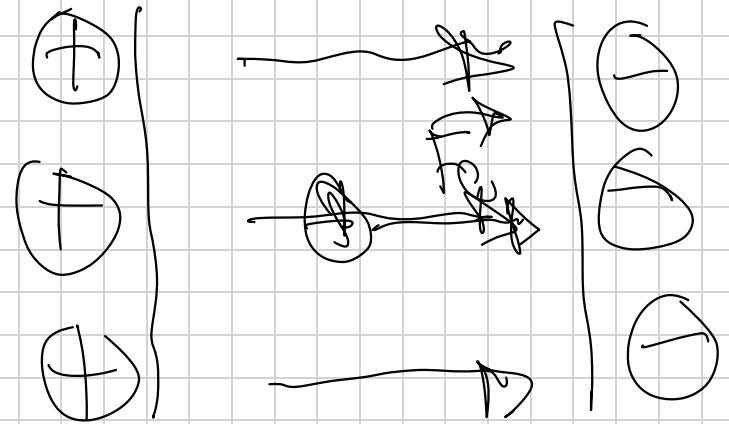
UNIFORME

$$- \Delta E_{\text{ph}} \approx W_{A \rightarrow B} = \Delta E_{\text{c}} \\ \text{ph} \quad \text{ph}$$

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



UNIFORME
 $\rightarrow$ = det.



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

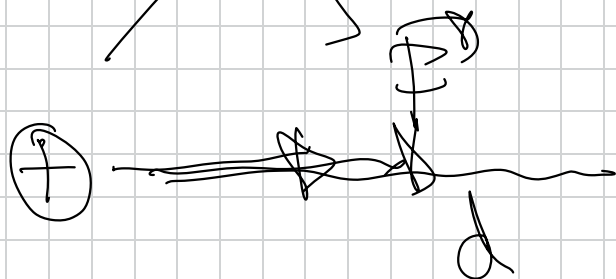
$$m \oplus \vec{F}_e = \vec{a}_e$$

2^e ley de Newton.

$$\begin{array}{ccc} F & = & m \cdot a \\ \text{elect} & & \\ \Downarrow & & \Downarrow \\ \text{cte} & & \text{cte.} \end{array}$$

[MRUA]

~~MPVA~~



~~$W = F \cdot d \cdot \cos \alpha$~~

~~Ans~~

~~W~~

~~$W_{AB} = q \cdot E \cdot d$~~

$$\left. \begin{aligned} v &= v_0 + a \cdot t \\ s &= v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \\ v^2 &= v_0^2 + 2 a s \end{aligned} \right\}$$

$W_{AB} = \overset{q \cdot E}{F_{el}} \cdot d \cdot \cos \alpha$



$$W = q \cdot E \cdot d \cdot \cos \alpha$$

$$W_{AB} = q \cdot E \cdot d \quad \alpha = 0^\circ$$

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

Si

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

Si

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

Solo en el

caso de

C. elect

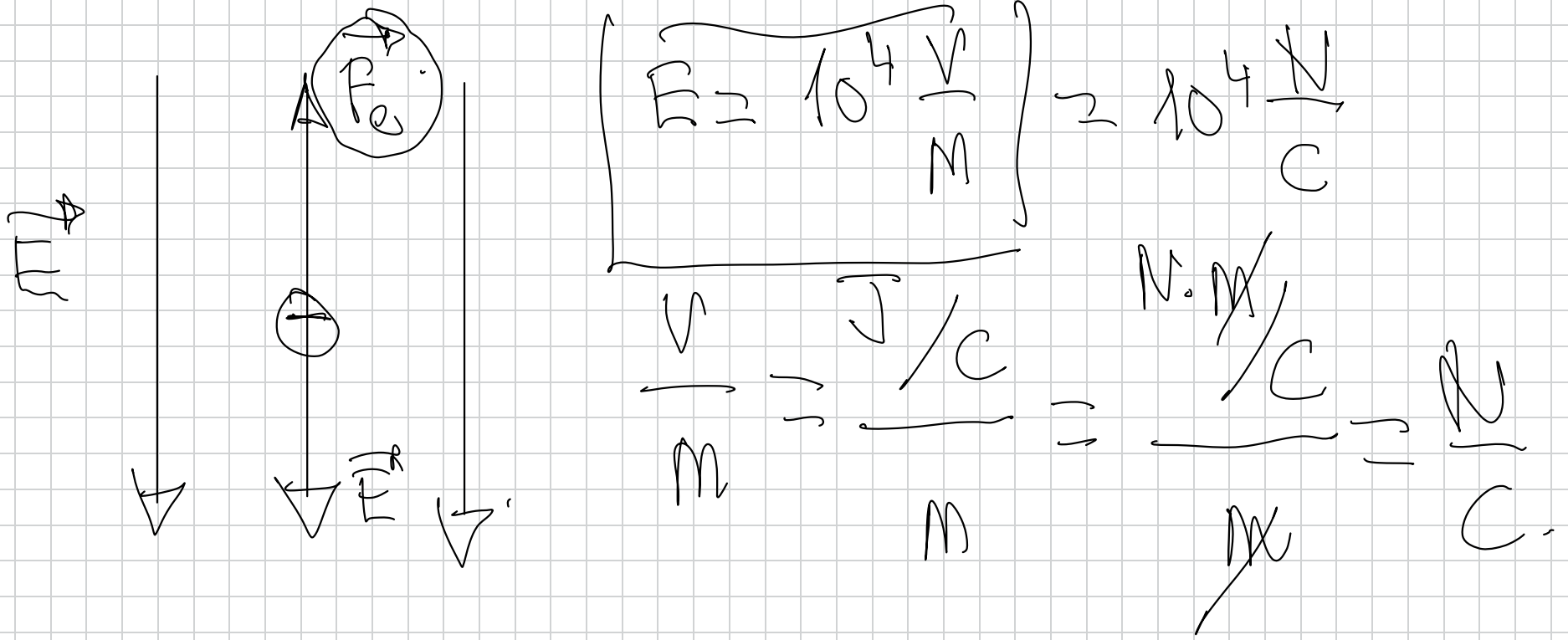
uniforme.

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

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

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

- Calcular la fuerza ejercida por este campo sobre un electrón, indicando su dirección y sentido
 - Calcular la velocidad que adquirirá el electrón cuando haya recorrido 1 cm partiendo del reposo
 - Calcular la energía cinética adquirida
 - Calcular el tiempo que necesita el electrón para recorrer la distancia del apartado b)
- $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$



Magnetud vectorial $\vec{F}_e$

$$|\vec{F}_e| = |q| \cdot |\vec{E}| = 1'6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}} = 1'6 \cdot 10^{-5} \text{ N.}$$

$$\vec{F}_e = +1'6 \cdot 10^{-5} \vec{j} \text{ (N)}$$

b)

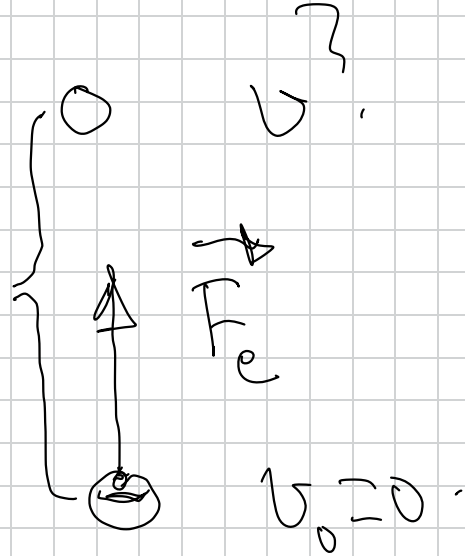
$$E = 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

MRUA $\Rightarrow$ Si.

CINEMÁTICA.

$$F = m \cdot a$$

$$S = 0'09 \text{ m}$$



$$m = 9'1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 9'1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg.}$$

Calcula la a.

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

$$a = \frac{F_{\text{elect}}}{m} = \frac{1'6 \cdot 10^{15} \text{ N}}{9'1 \cdot 10^{31} \text{ kg}} = 1'76 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2.$$

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

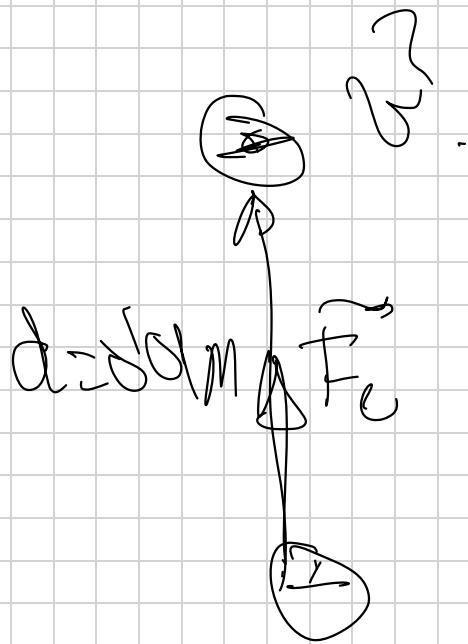
$$v = \sqrt{v_0^2 + 2as}$$

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

$$v = 5'93 \cdot 10^6 \text{ m/s} < (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})$$

$$\rightarrow \Delta E_{\text{PAMB}} = V_{A-B} = \Delta E_{A-B}.$$

Otra forma.



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

Diagram showing a force F_c acting on a distance d , with a note "cte." (constant). The equation is:

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

Diagram showing a box labeled $F_c \cdot d$.

Se el valor de F_c
calculado al
principio.

$$2 F_c \cdot d = m \cdot v_B^2$$

$$v_B = \sqrt{\frac{2E_a - d}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 16 \cdot 10^{-15} \text{ J}}{9.1 \cdot 10^{-31}}}$$

$$v_B = 593 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

g)

$$E_c = \frac{1}{2} m_e \cdot v_e^2 = \frac{1}{2} 9.1 \cdot 10^{-31} \cdot (593 \cdot 10^6)^2 =$$

$$= 16 \cdot 10^{-17} \text{ J}$$

d) el tiempo solo se puede hacer por cinemática.

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

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

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{5193 \cdot 10^2 \text{ N/s} - 0}{176 \cdot 10^4 \text{ s}}$$

$$t = 337 \cdot 10^9 \text{ s} \quad [337 \text{ ns}]$$

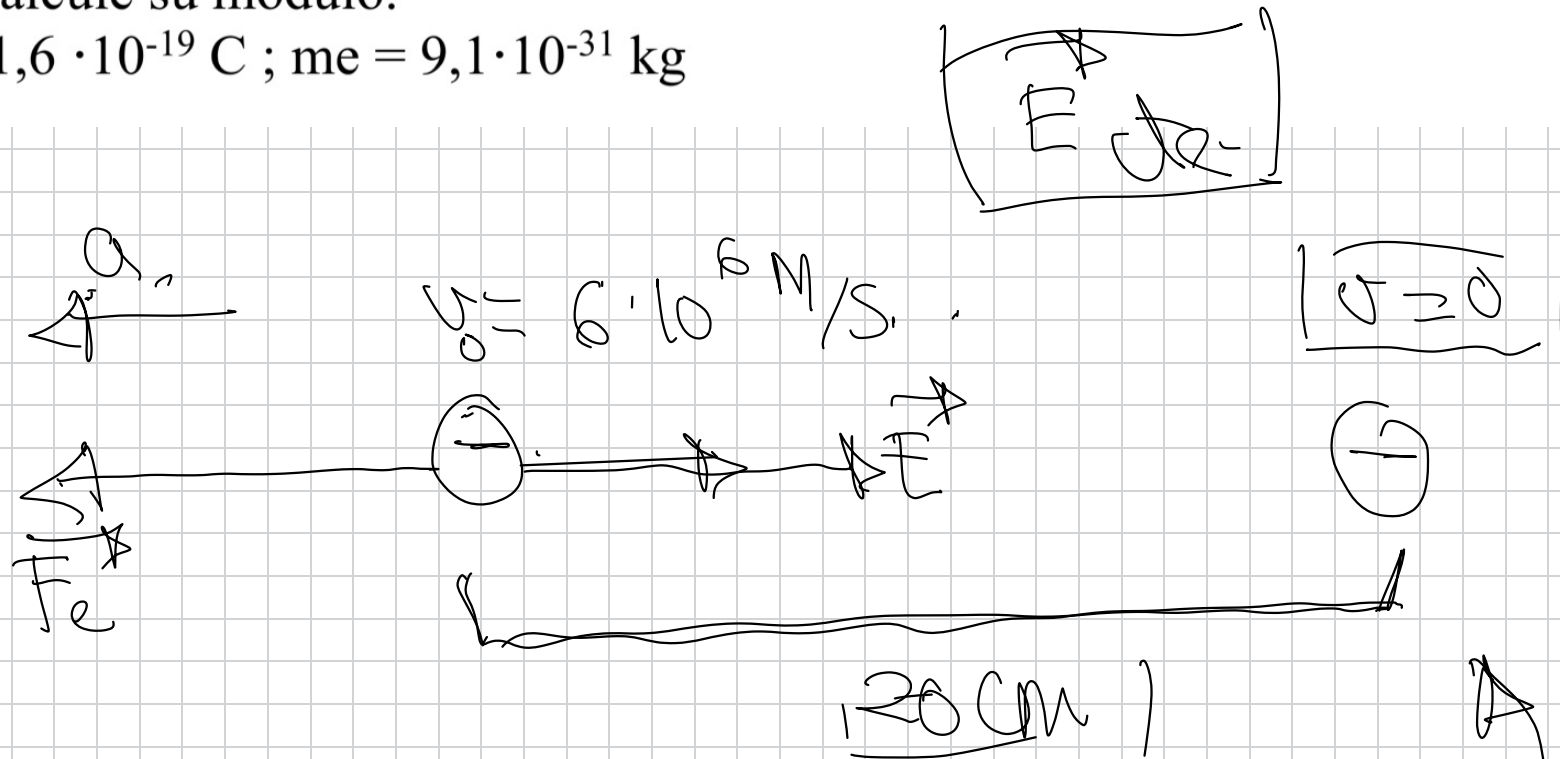
45.-Un electrón, con una velocidad de $6 \cdot 10^6 \text{ m s}^{-1}$, penetra en un campo eléctrico uniforme y su velocidad se anula a una distancia de 20 cm desde su entrada en la región del campo.

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

b) Calcule su módulo.

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

$\vec{E}_{\text{uniforme}}$
 $\downarrow$
 $\vec{E}$



NRUA.

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

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

$$W_{A \rightarrow B} = DE_{A \rightarrow B}$$

$\parallel$
 $\rightarrow$
 $\uparrow$
 $\downarrow$

$$F.d. \quad \left[\frac{1}{2} N v_B^2 - \frac{1}{2} N v_A^2 \right]$$

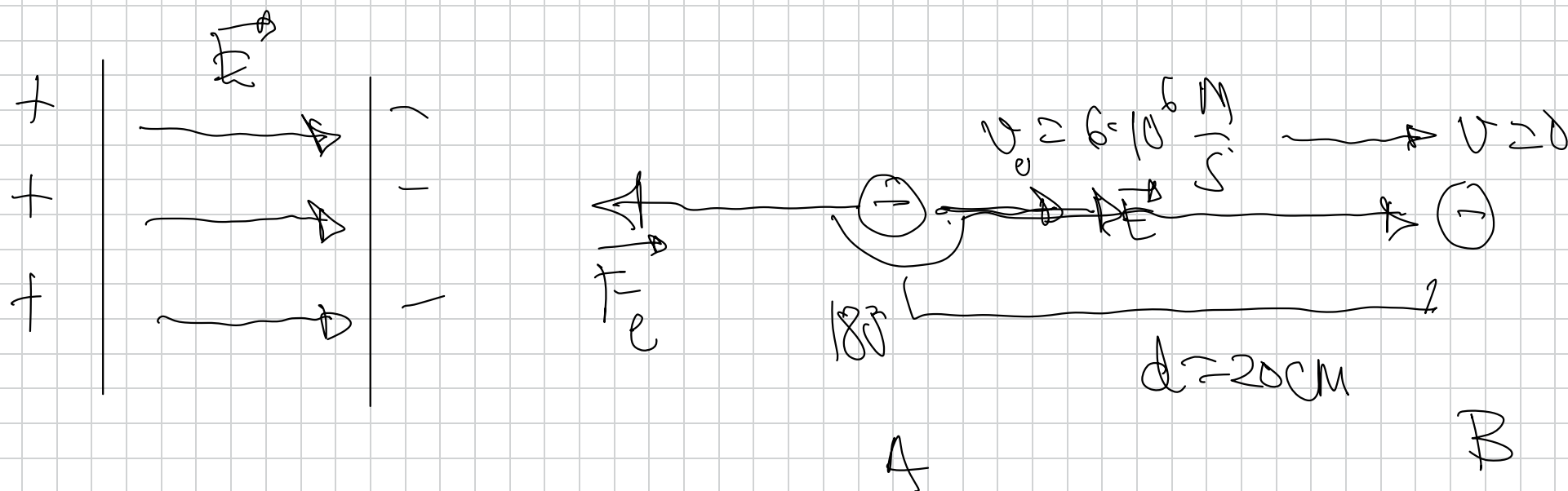
$$\left[\cancel{Q \oplus d} = \frac{1}{2} N \cancel{v_B^2} - \frac{1}{2} N v_A^2 \right]$$

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

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

b) Calcule su módulo.

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



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

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

$$F_e = m \cdot a$$

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

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

$$|\vec{E}| = \frac{\frac{1}{2} m_e v_A^2}{-q \cdot d} = 511'875 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

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

NRVA.

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

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

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s} = \frac{0^2 - (2 \cdot 10^6)^2}{2 \cdot 0,2} = -9 \cdot 10^{13} \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

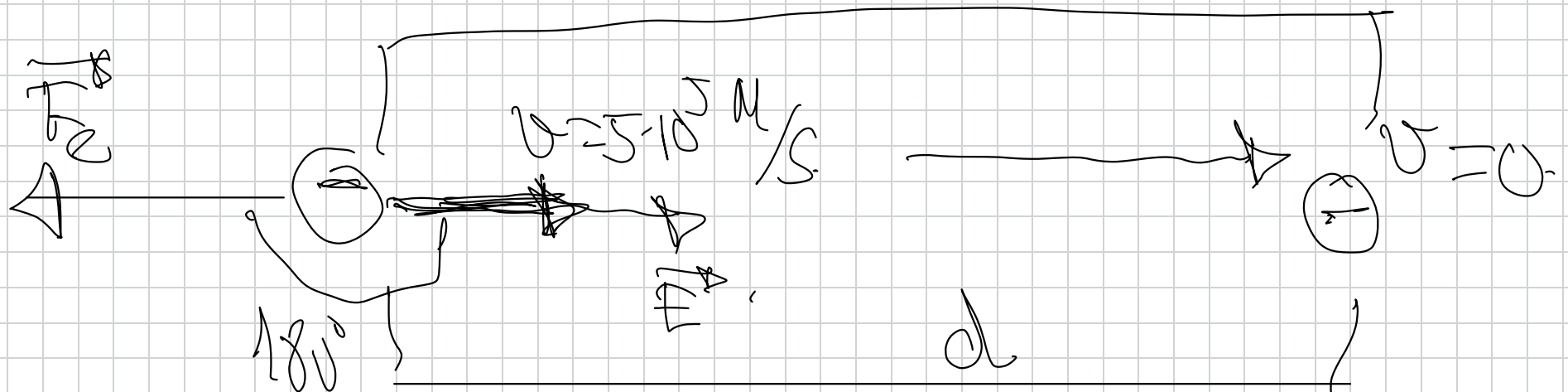
$$|\vec{E}| = \frac{m |\vec{a}|}{|q|} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 9 \cdot 10^{13}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 506,25 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

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.

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

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

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



$m_e \downarrow \downarrow \downarrow$ $E_{\text{gravitatoria}}$ despreciable.

$$E_c \downarrow = E_{\text{eléctrica}} \uparrow$$

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

$$\Delta E_{c_{A \rightarrow B}} < 0.$$

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

$$\Delta E_{P_{A \rightarrow B}} > 0.$$

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

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

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

$$d = \frac{- \frac{1}{2} m v_A^2}{- q \cdot E} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 9 \cdot 10^{-31} \cdot 5 \cdot 10^5}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 50} = 0.074 \text{ m}$$

otra forma.

$$F_e = m \cdot a.$$

$$F_e = \frac{F_e}{m_e} = \frac{|q| \cdot |E|}{m_e}$$

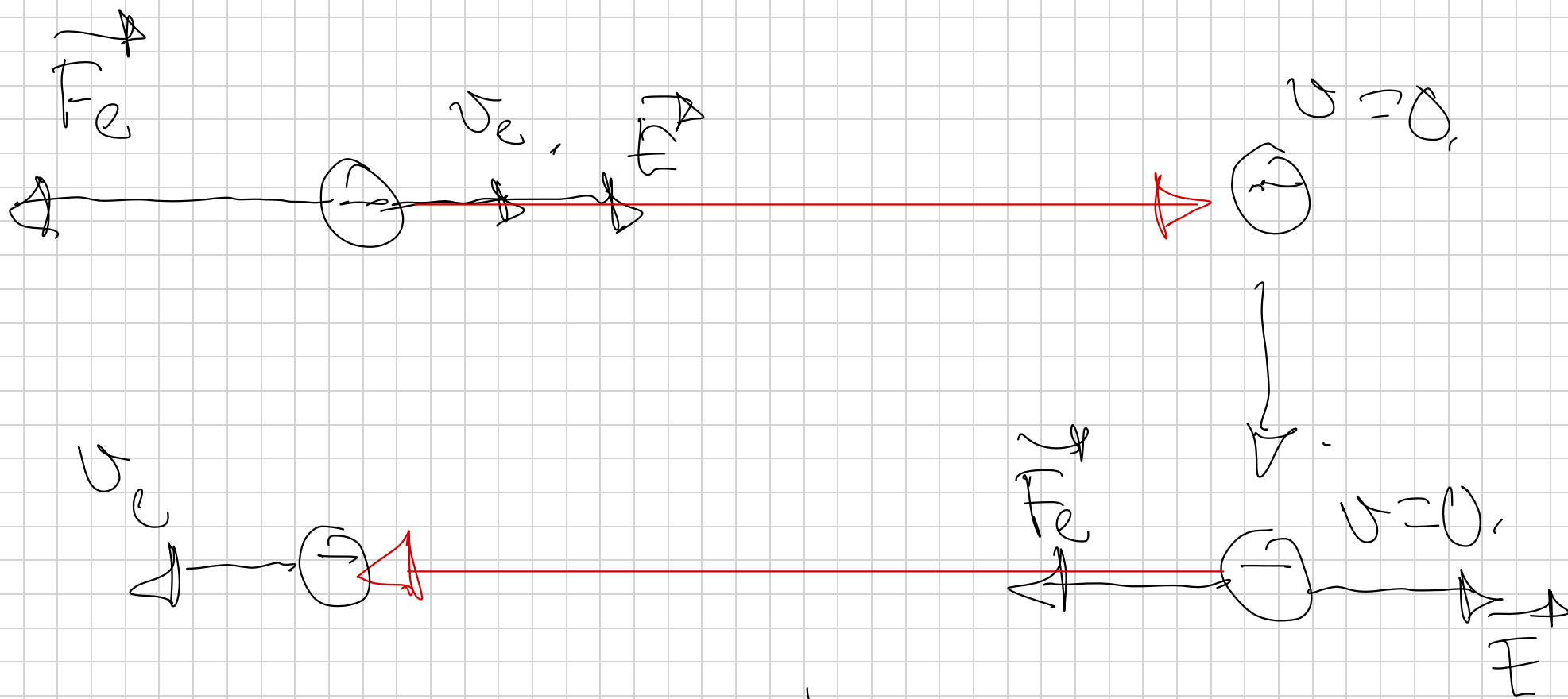
$$a = \frac{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 50}{9.1 \cdot 10^{-31}} = 8.79 \cdot 10^{12} \frac{m}{s^2}.$$

$$a = -8.79 \cdot 10^{12} \frac{m}{s^2}.$$

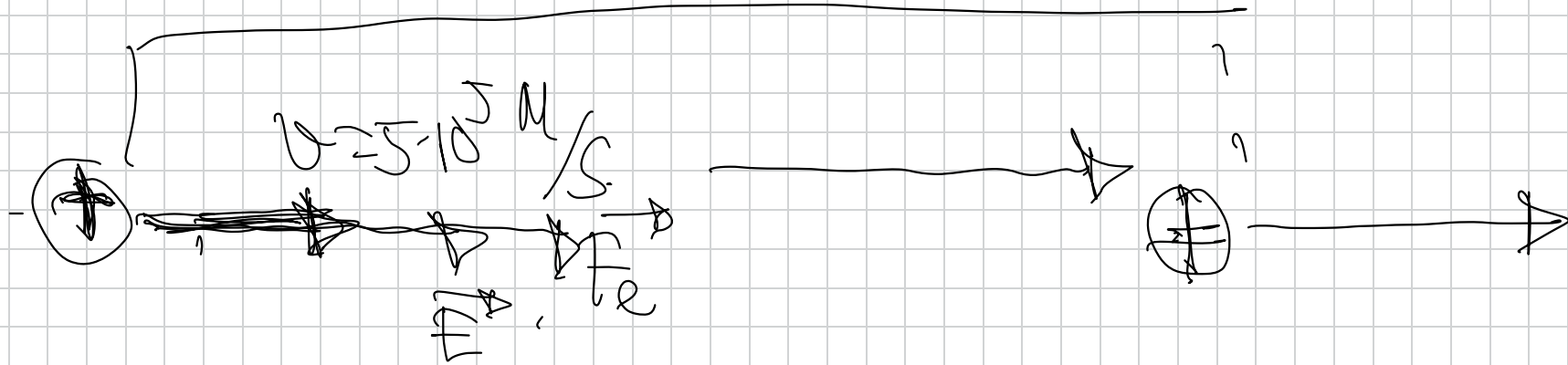
$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s.$$

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0^2 - (5 \cdot 10^5)^2}{2 \cdot (-8.79 \cdot 10^{12})}$$

$$(s = 0.014 m)$$



0.014 m



$$F = m \cdot a$$

$$\frac{F}{m_e} = \frac{Q \cdot E}{m_p} \quad \text{misma fuerza.}$$

$m_p > m_e$

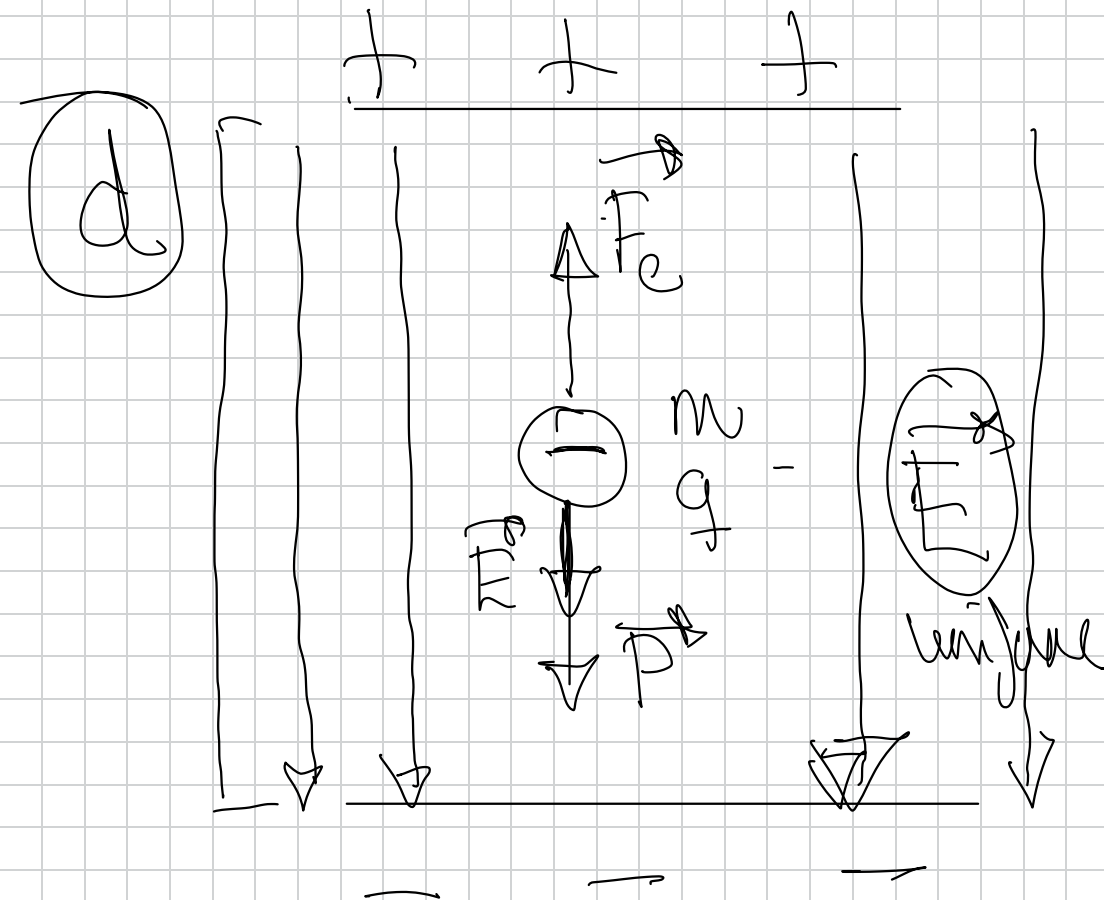
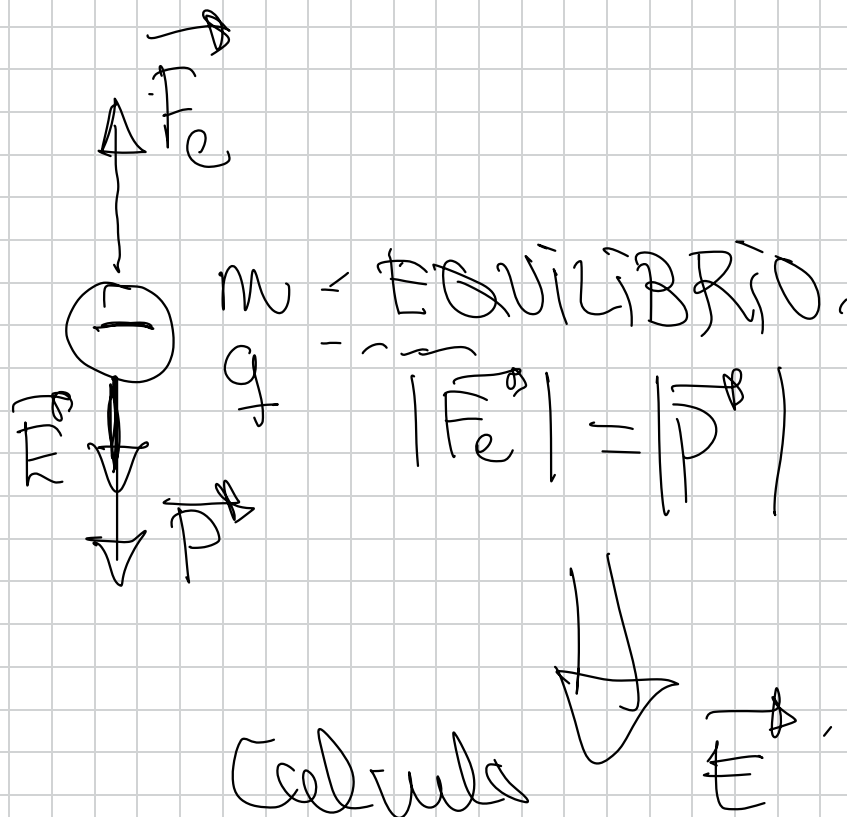
A diferencia del electrón, en donde el MRVA sería retardado, el protón tendría un MRVA aunque con una aceleración menor puesto que la masa del protón es mayor que la masa del electrón.

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

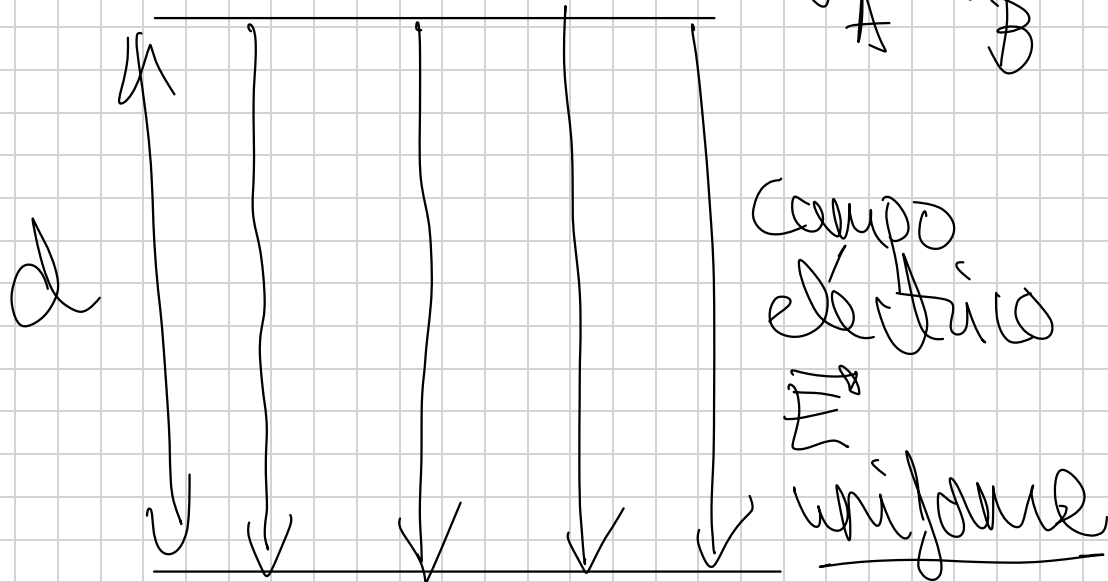
$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C , $g = 9,8$ m·s⁻²



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

$$m = 1 \cdot 10^{-11} \text{ g} = 1 \cdot 10^{-14} \text{ kg}$$

$$|\vec{E}| = \frac{m \cdot g}{|q|} = \frac{1 \cdot 10^{-14} \text{ kg} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{20 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}} = 3.06 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



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

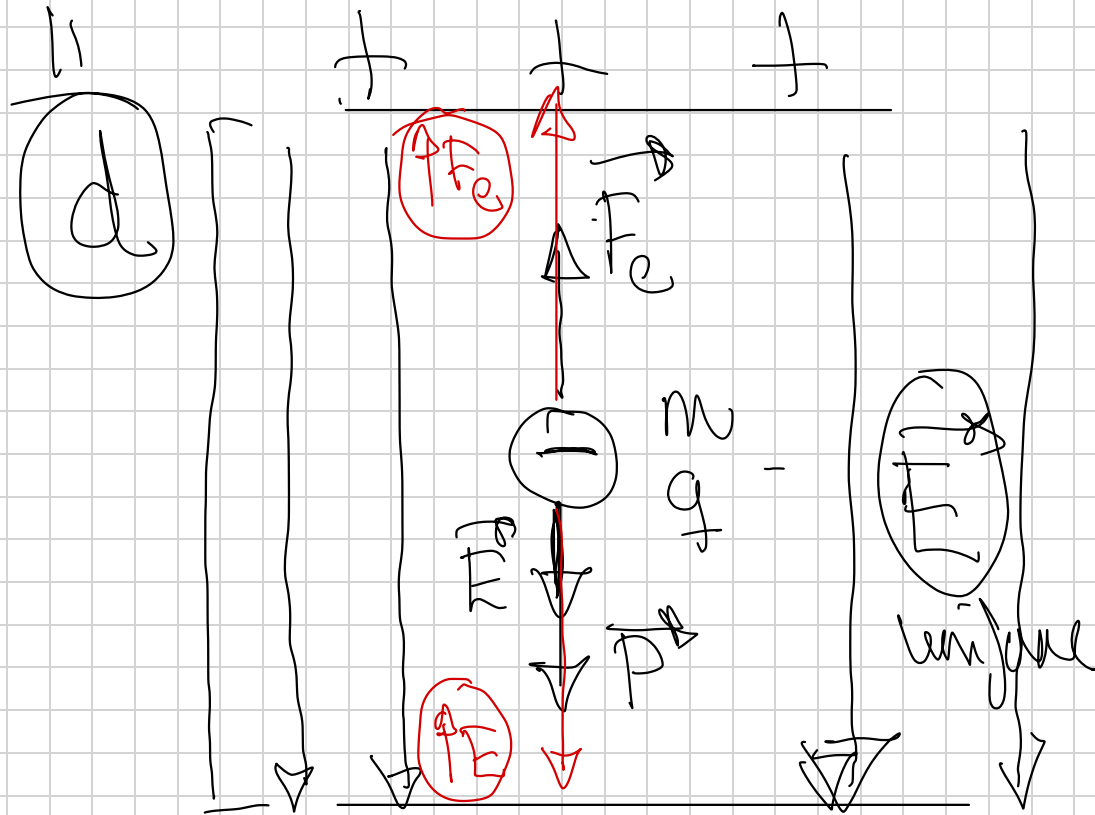
↓ Campo eléctrico uniforme

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

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

jojo! → Solos en
E uniforme.

$$5 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$



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

$$d = \frac{153 \text{ V}}{3106 \cdot 10^4} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

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

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

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

$$\uparrow 153 \text{ V.} =$$

$$F_e = q \cdot |E|$$

$$F_e = 20 \cdot 16 \cdot 10^{-19} \cdot 31 \cdot 10^4$$

$$F_e = 992 \cdot 10^{-14} \text{ N}$$

$$|E|$$

$$31 \cdot 10^4 \text{ N/C}$$

$$P = m \cdot g = 998 \cdot 10^{-14} \text{ N}$$

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

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

$$E = \frac{155}{5 \cdot 10^{-3}} = 31 \cdot 10^4 \text{ N/C}$$



$$F_e = |q_1| |E^{\vec{r}}| = 32 \cdot 10^{-18} \cdot 31 \cdot 10^4 = \boxed{q_1 q_2 = 10^{-14} \text{ N}}$$

$$F_g = m \cdot g = 1 \cdot 10^{-14} \cdot 9.8 = \boxed{q_1 q_2 = 10^{-14} \text{ N}}$$

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

$$F_e - F_g = m \cdot a.$$

$$a = \frac{F_e - P}{m} = \frac{9.92 \cdot 10^{-14} - 9.8 \cdot 10^{-14}}{1 \cdot 10^{-14}} = \boxed{0.12 \frac{m}{s^2}}$$

tiempo $\Rightarrow$ cinemática.

$$S = \cancel{v_0 t} + \frac{1}{2} a t^2 = 0 + 0.12 \cdot (0.1)^2.$$

$$S = 6 \cdot 10^{-4} m$$

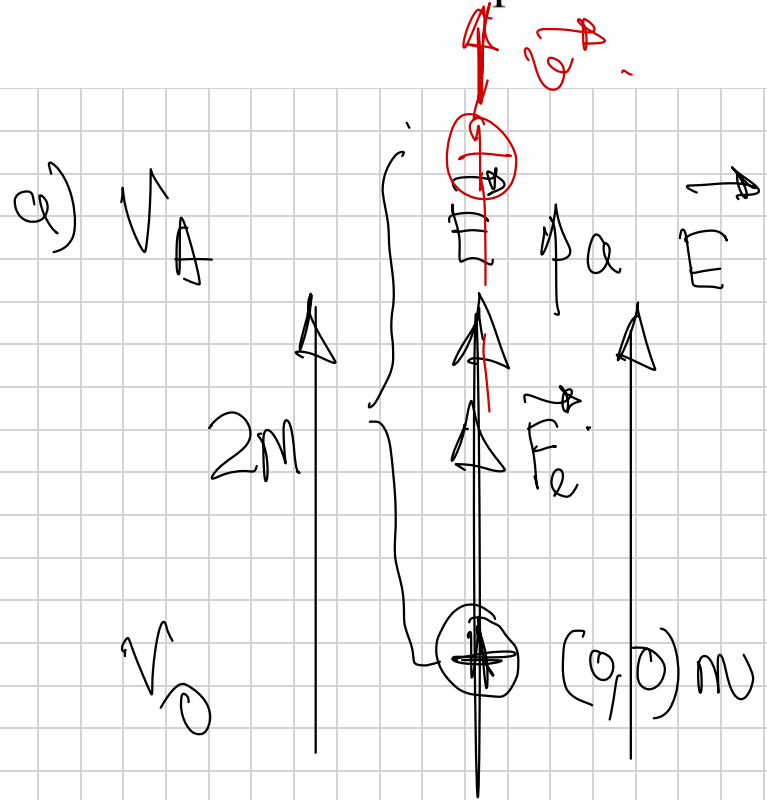
$$v = v_0 + a \cdot t = 0 + 0.12 \cdot 0.1 = 0.012 \frac{m}{s}$$

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

a) Describe la trayectoria seguida por la partícula hasta que se encuentra en el punto A, situado a 2m del origen

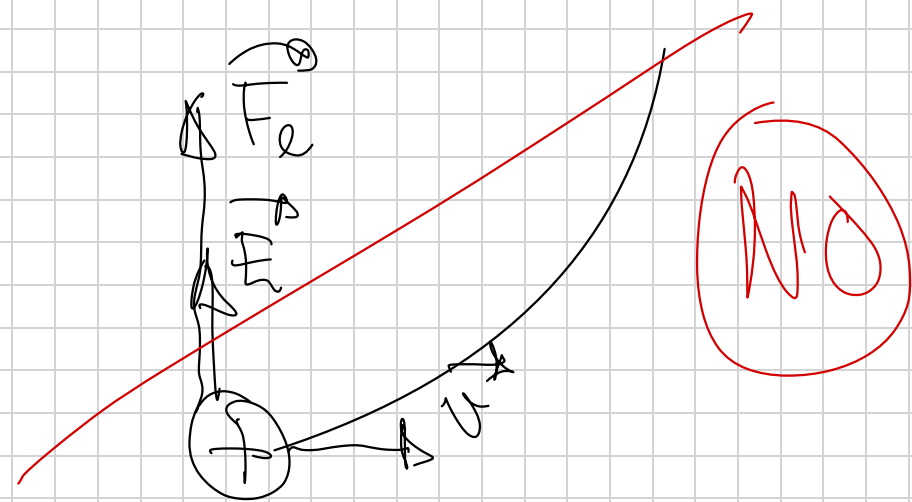
b) Explicar si aumenta o disminuye la energía potencial de la partícula en dicho desplazamiento. ¿En qué se convierte dicha variación de energía?

c) 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



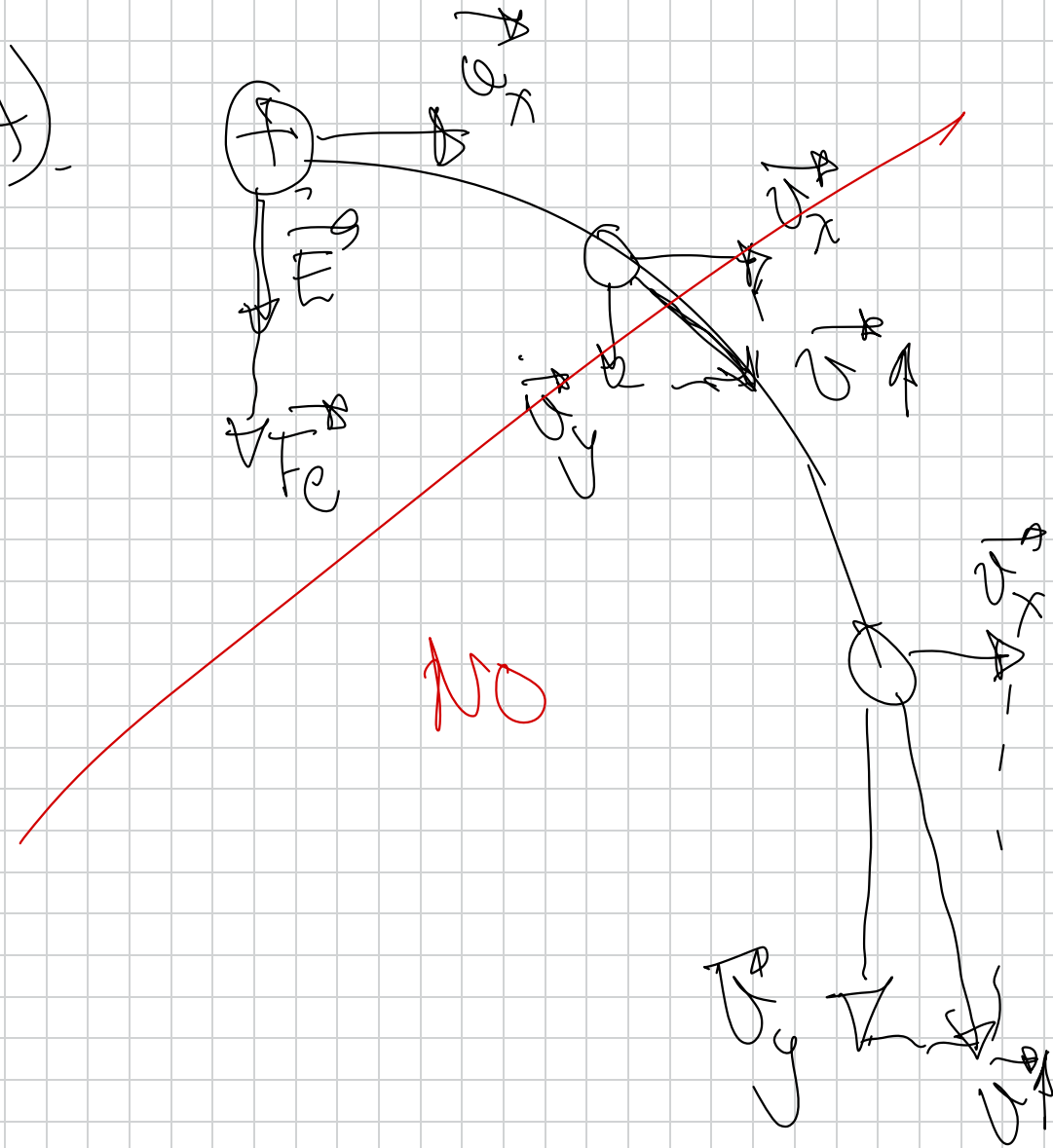
$$E = 500 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

pag 62.



¡OJO! trayectoria rectilínea

es distinto el tipo
de movimiento (MRUA).



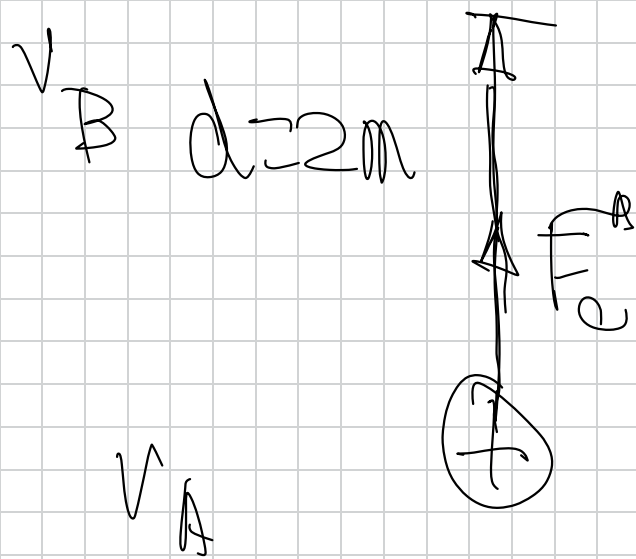
b) Electiva es la técnica que considero

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

$$\downarrow E_{\text{pot}} = E_{c_{A \rightarrow B}}$$

c) Campo elétrico uniforme,

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



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

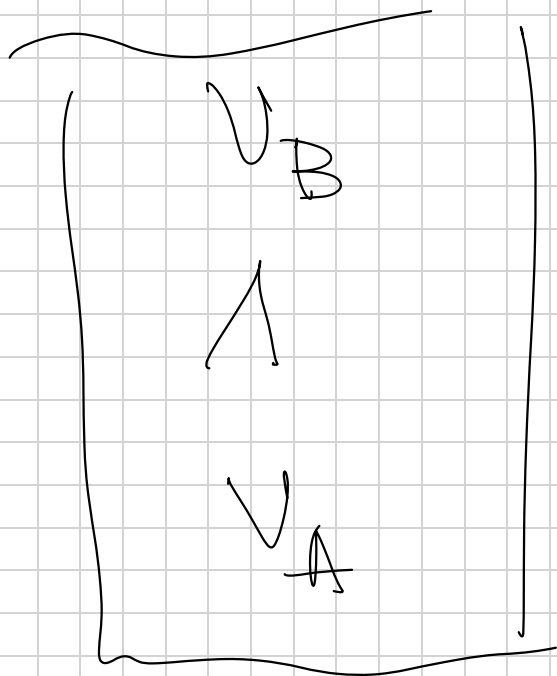
$$W_{A \rightarrow B} = q \cdot E \cdot d > 0$$

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

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

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

$$(V_A - V_B) = \frac{W_{A \rightarrow B}}{q} = \frac{6 \cdot 10^{-3} \text{ J}}{6 \cdot 10^{-6} \text{ C}} = 1000 \text{ V}$$



$$V_A - V_B = 1000 \text{ V.}$$

La carga positiva se desplaza espontáneamente en el orden de los potenciales decrecientes.

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

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

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

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

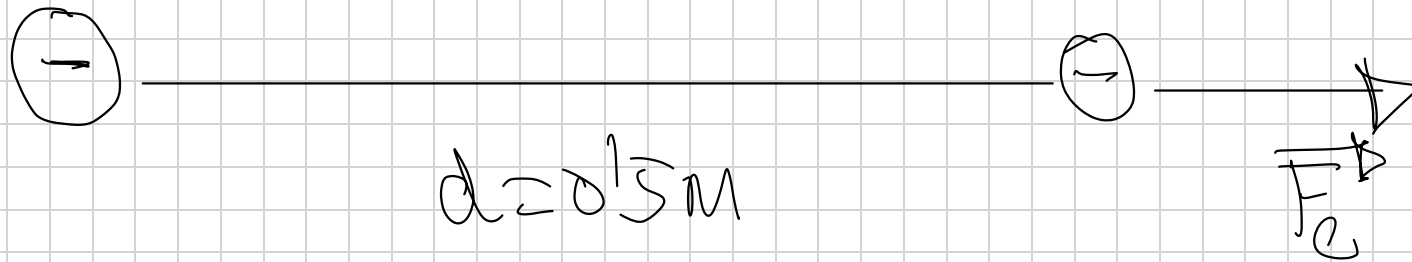
d) ¿Cuánto trabajo realizará el campo eléctrico para desplazar la carga q_2 desde su posición inicial hasta el infinito?. Comentar el resultado obtenido

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

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

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

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



a) ley de Coulomb - magnitud vectorial -

$$|\vec{F}_e| = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{d^2} = 9 \cdot 10^4 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{(0.15)^2} = \underline{7.2 \cdot 10^{-2} \text{ N}}$$

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

Magnitud escalar, cada carga en su signo

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

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

b)

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

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



$W_{A \rightarrow B} > 0$ Espontáneo.

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

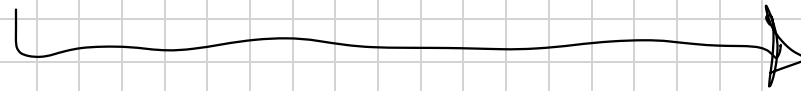
$$\Delta E_{C A \rightarrow B} > 0$$

$$E_C \uparrow$$

$$- \Delta E_P = W_{A \rightarrow B}$$

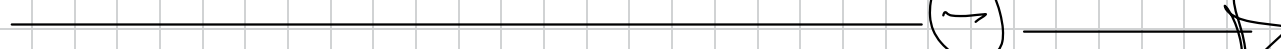
$$\Delta E_{P A \rightarrow B} < 0$$

$$E_P \downarrow$$

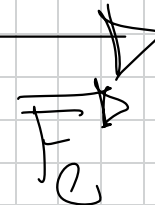


$$q_1 = -2 \mu C = -2 \cdot 10^{-6} C$$

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



$$d = 0.15 m$$



$$\vec{F} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

Diagram showing the derivation of the electric field E from a point charge q . A central charge q is shown with two other charges, q_1 and q_2 , at distances d_1 and d_2 respectively. The electric field E is shown as a vector pointing away from the central charge. The formula $E = k \cdot \frac{q}{d^2}$ is written, and the final result $E = \frac{F}{q}$ is shown.

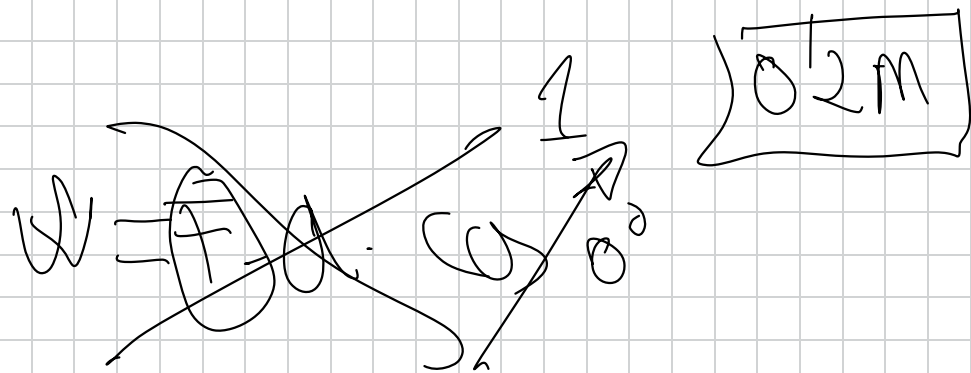
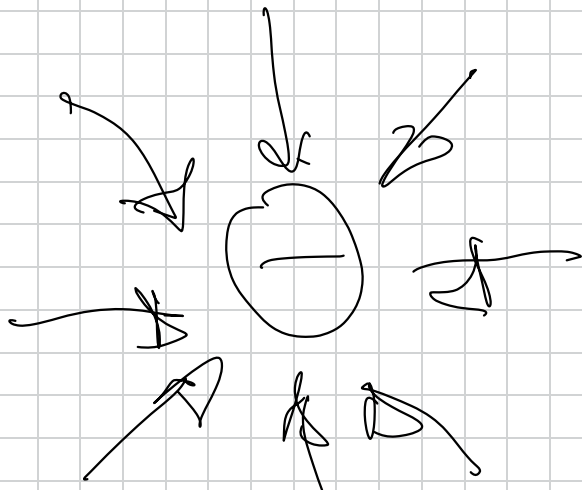
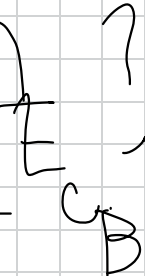
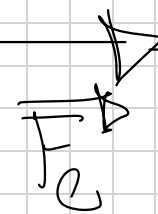
c)

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



$$d = 0.15 m$$

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



$\vec{F}$ no es $\vec{F}_R$.

$$W_{A \rightarrow B} = \int \vec{F}_{CA \rightarrow B} \cdot d\vec{r}$$

$$W_{A \rightarrow B} = \int \vec{F}_{CB} \cdot d\vec{r} \quad \text{no}$$

(parte del vector)

$$- \int \vec{F}_p \cdot d\vec{r} = W_{A \rightarrow B}$$

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

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

$$K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d} - K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{(d + 0.2)} = W_{A \rightarrow B}$$

ya calculada

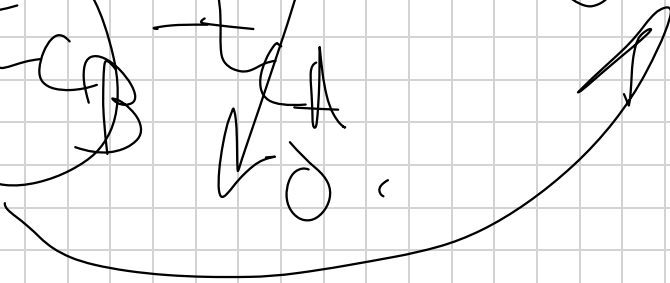
$$3.6 \cdot 10^{-2} \text{ J} - 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(-2 \cdot 10^{-6}) \cdot (-1 \cdot 10^{-6})}{(0.5 + 0.2)} = W_{A \rightarrow B}$$

$$3'6 \cdot 10^{-2} \text{ J} \approx 2'5 \cdot 10^{-2} \text{ J} = W_{A \rightarrow B}$$

$$W_{A \rightarrow B} = 1'1 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

$$E_G = 1'1 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

$$W_{A \rightarrow B} = E_G$$

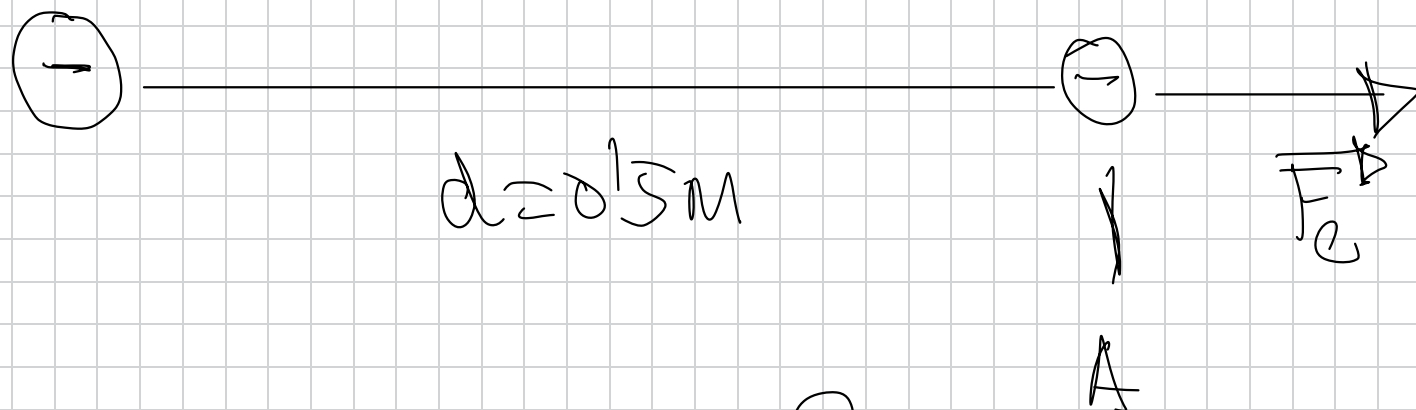


$$W_{A \rightarrow B} = E_{A \rightarrow B}$$

2)

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

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



$$= \Delta E_{p_{A \rightarrow \infty}} = \left(\cancel{W_{A \rightarrow \infty}} \right)$$

$$W_{A \rightarrow \infty} = - (E_{p_{\infty}} - E_{p_A})$$

$$W_{A \rightarrow \infty} = E_A - E_{P\infty}$$

$$W_{A \rightarrow \infty} = E_{PA} - K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{\infty}$$

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

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

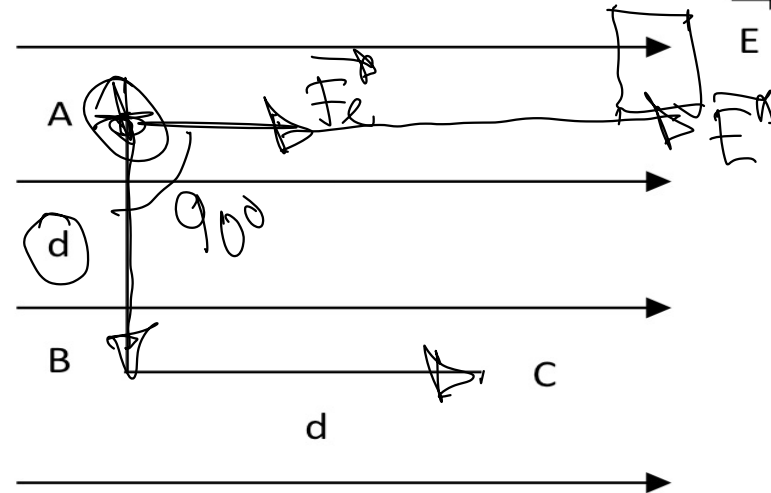
↗ Espontáneo



La $E_{P\text{ eléctrica}}$ también se puede definir como el trabajo necesario

para llevar la carga q desde el pto al ∞ .

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



líneas de campo paralelas

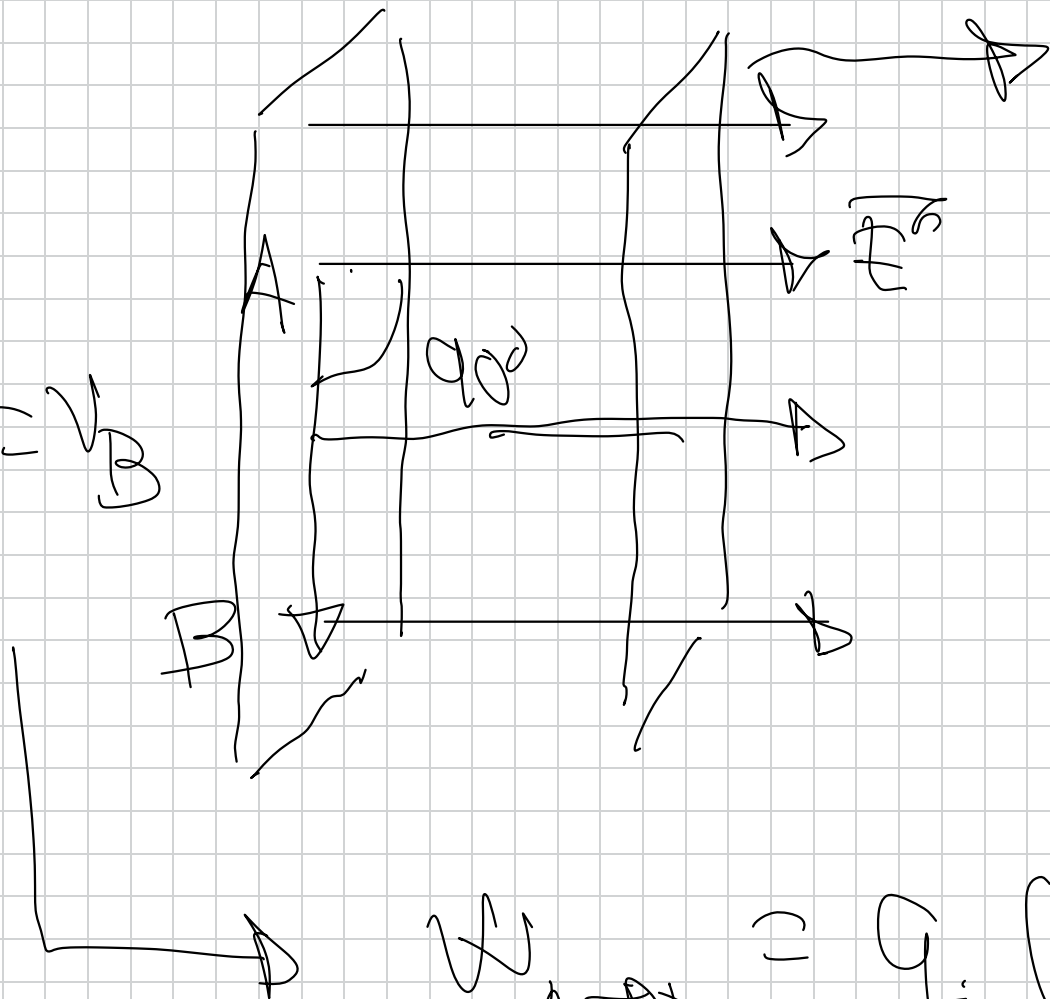
$$q = +1 \text{ C}$$

- 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)
$$W_{A \rightarrow B} = F_e \cdot d \cdot \cos 90^\circ = 0.$$

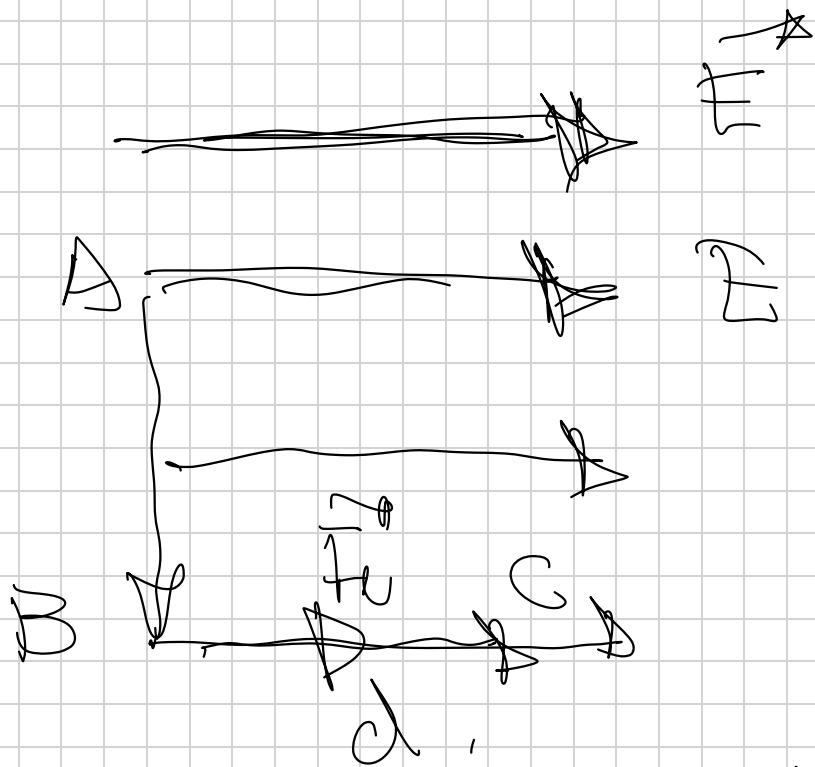
uniforme

$$V_A = V_B$$



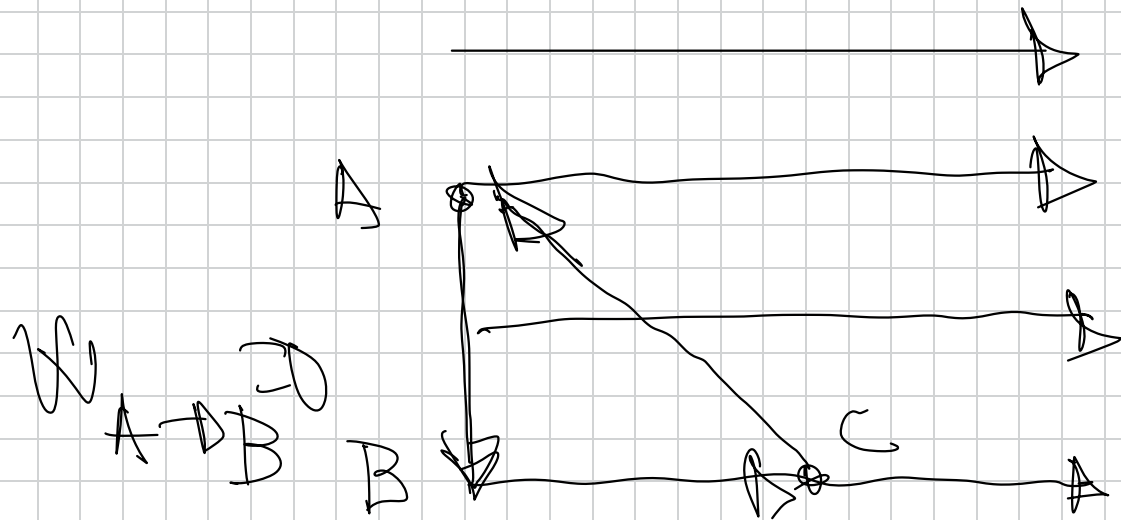
Superficies
equipotenciales $\perp$
a las líneas de
campo.

$$V_A - V_B = 0 \quad (V_A = V_B) \Rightarrow 0$$



$$\begin{aligned}
 & \text{We } B \rightarrow C = \vec{F} \cdot d > 0 \\
 & \text{We } B \rightarrow C = \vec{F} \cdot d > 0 \\
 & \text{We } B \rightarrow C = \vec{F} \cdot d > 0
 \end{aligned}$$

1)



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

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

la fuerza eléctrica,
al ser conservativa.

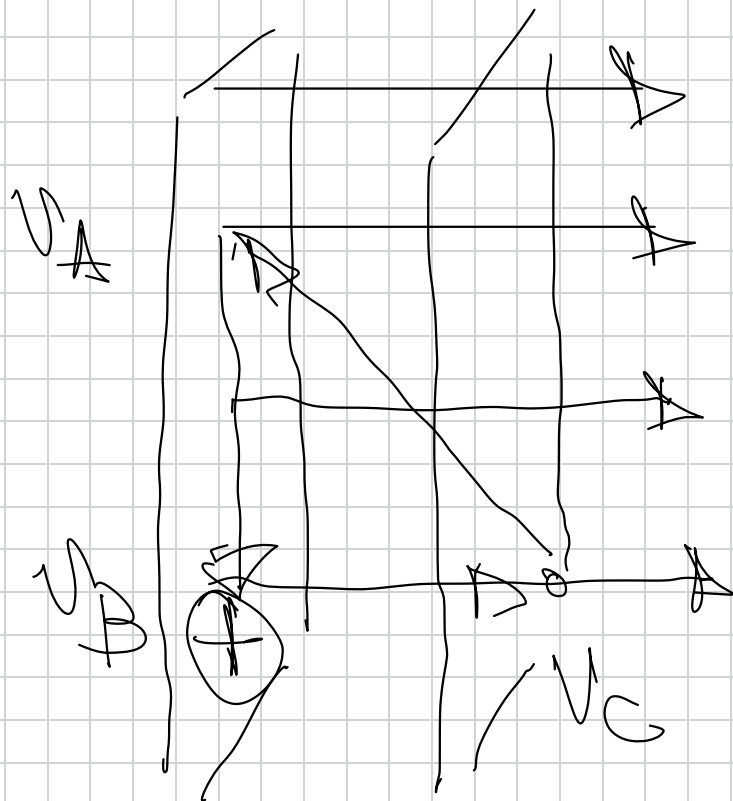
$$W_{A \rightarrow A} = 0$$

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

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

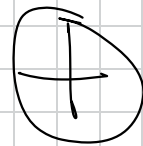
No espontáneo. $\rightarrow W_{C \rightarrow A} = -E \cdot d$

$$V_A \approx V_B$$

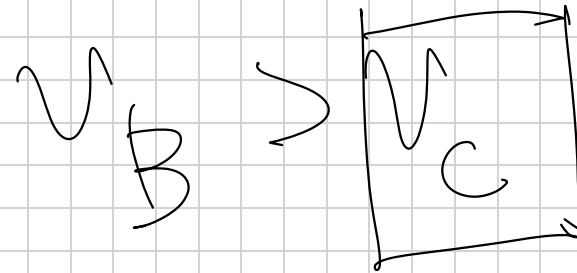


$$W_{B \rightarrow C} > 0.$$

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



> 0



C es el punto de menor potencial

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

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

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

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

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

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