

1. Carga y fuerza

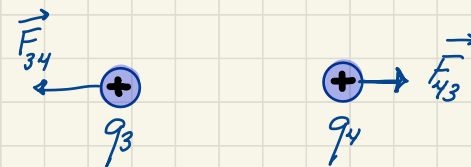
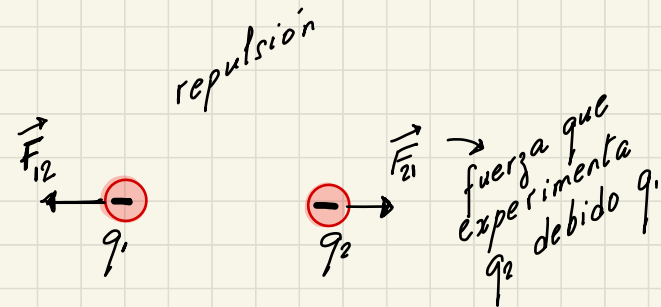
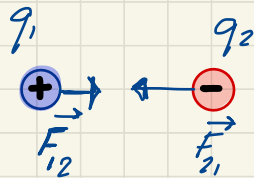
ELÉCTRICA

ing. Claudia
Contreras

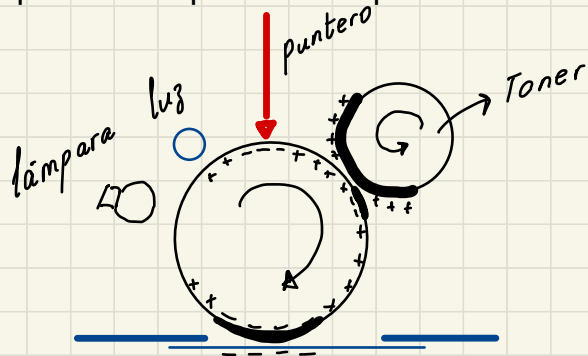
Carga eléctrica. -> Propiedad fundamental de la materia.

Existen dos tipos de carga

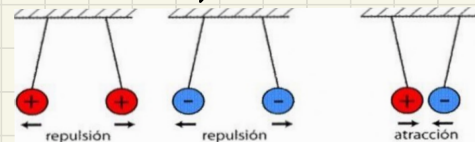
- positiva
- negativa



Esquema de operación impresora láser



Recordar que:



Estructura de la materia

$$m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

Átomo neutro

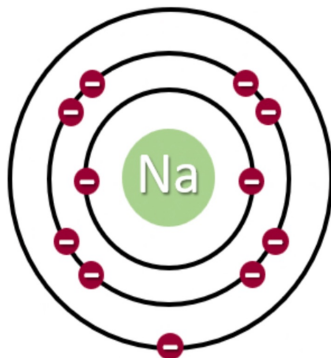
$e = \text{unidad natural de carga}$ **ion positivo**
 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Coulombs}$

Átomo de sodio (Na)

$\oplus p^+: 11$

$\ominus e^-: 11$

$\text{[n]} n: 11$



$$e^- \Rightarrow -e$$
$$p^+ \Rightarrow +e$$

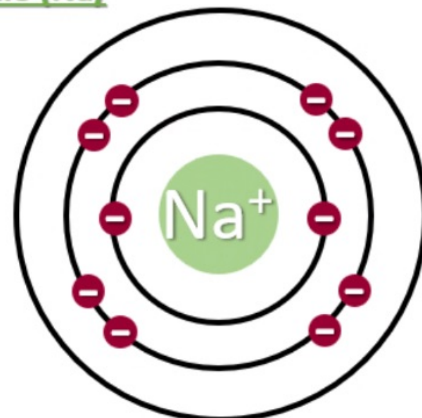
Pérdida de
un
electrón

Ion de sodio (Na)

$\oplus p^+: 11$

$\ominus e^-: 10$

$\text{[n]} n: 11$



$N \rightarrow \# \text{ atómico}$

$$\begin{array}{l} 11 \text{ electrones} \rightarrow -11e \rightarrow -11(1.6 \times 10^{-19})C \\ 11 \text{ protones} \rightarrow +11e \rightarrow +11(1.6 \times 10^{-19})C \\ \hline \text{carga neta} \rightarrow \emptyset \end{array}$$

ion positivo

$$\begin{array}{l} p^+ \Rightarrow +11e \\ e^- \Rightarrow -10e \\ \hline +e = +1.6 \times 10^{-19}C \\ \text{carga neta} \end{array}$$

Estructura de la materia

Átomo neutro

Átomo de cloro (Cl)

$+ p^+ : 17$

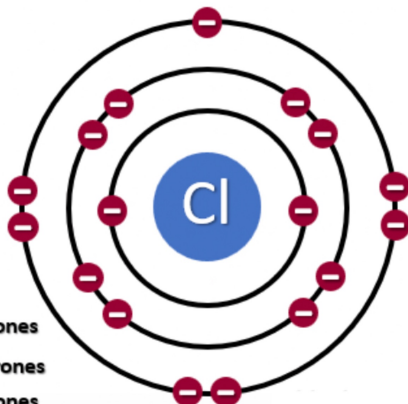
$- e^- : 17$

$n : 17$

$+ p^+ \rightarrow$ protones

$- e^- \rightarrow$ electrones

$n \rightarrow$ neutrones



$$\begin{array}{r} +17e \\ -17e \\ \hline \phi \end{array}$$

Ganancia de
electrón

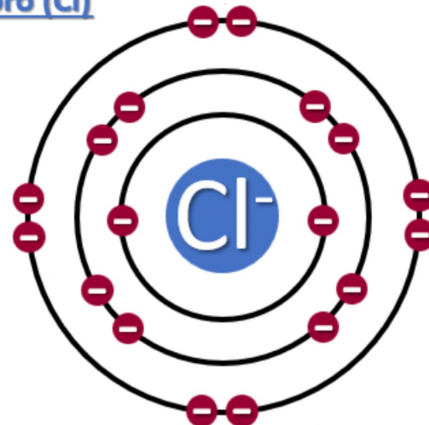
Ion negativo

Ion de cloro (Cl)

$+ p^+ : 17$

$- e^- : 18$

$n : 17$



$$\begin{array}{r} p^+ \Rightarrow +17e \\ e^- \Rightarrow -18e \\ \hline -e \\ \swarrow \text{carga neta} \end{array}$$



Principio de conservación de la carga

La carga eléctrica siempre se conserva. La suma algebraica de todas las cargas en un sistema cerrado es igual a cero.



La carga está cuantizada (Millikan): la carga eléctrica siempre se presenta como un múltiplo entero de la cantidad de carga básica.

$e \rightarrow$ *unidad natural de carga*

$$Q = Ne$$

donde $N = 0, 1, 2, 3, \dots$

Materiales Conductores

Permiten que los electrones de sus últimas capas se desplacen con facilidad de una región del material a otra. **Los electrones externos** de cada átomo se liberan y **se mueven con libertad a través del material.**

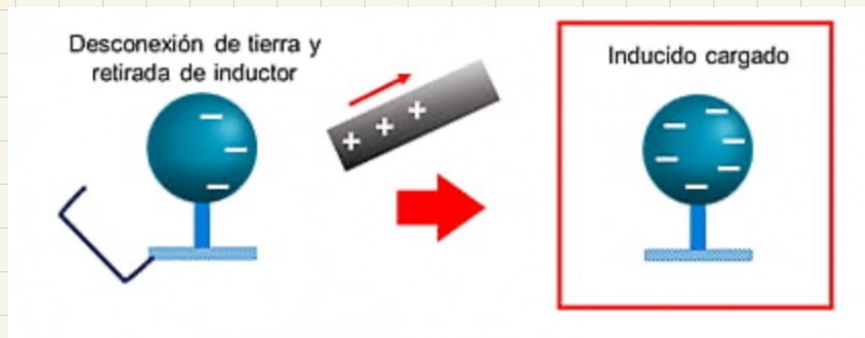
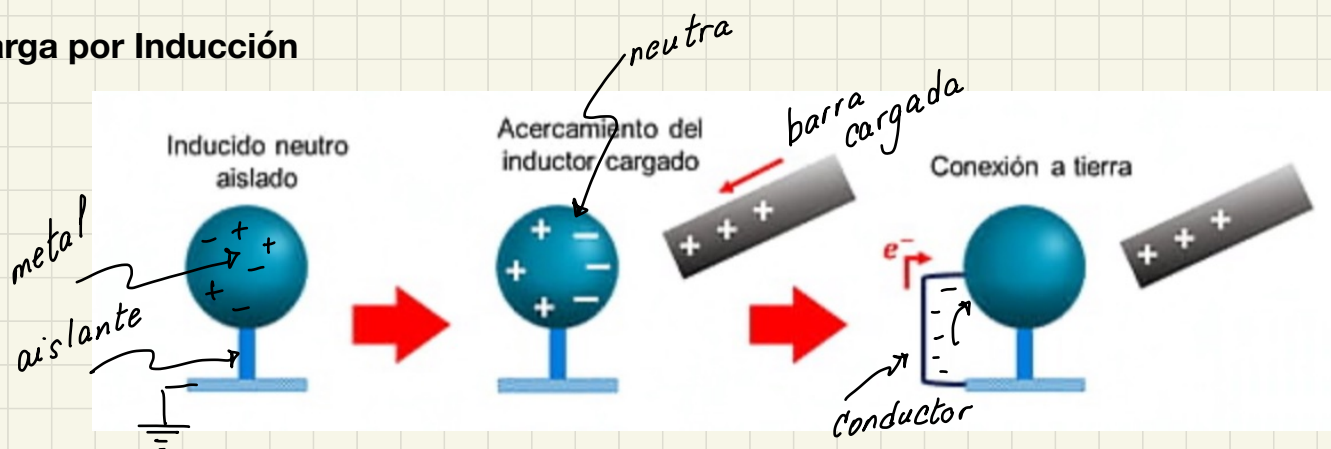


Materiales Aislantes

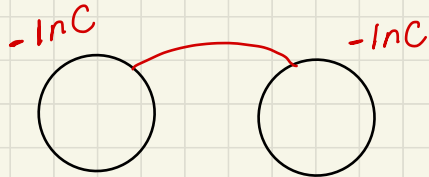
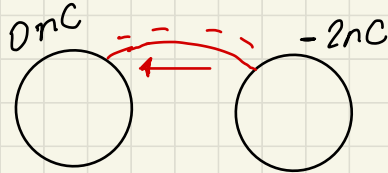
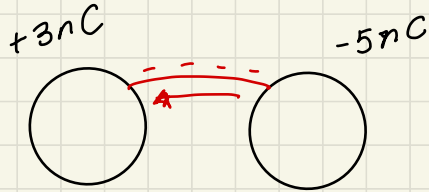
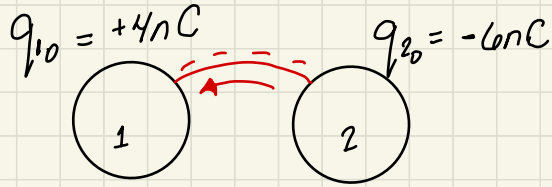
En un material aislante no hay electrones libres, o hay muy pocos, y la carga eléctrica **no pueden desplazarse a través del material.**



Carga por Inducción



¿Qué sucede cuando dos esferas conductoras idénticas se ponen en contacto?



$$Q_{final} = \frac{q_{10} + q_{20}}{2}$$

$q_{10} \rightarrow$ carga de la esfera 1
al inicio

$\times 10^{-3}$ mili m
 $\times 10^{-6}$ micro μ
 $\times 10^{-9}$ nano n

Ejercicio 1. Una pequeña moneda de cobre, eléctricamente neutra tiene una masa de 4.06 gramos y la masa molar del cobre es 63.5 g/mol. Sabiendo que el número atómico del cobre es 29. Calcule:

a) Cantidad de átomos que contiene la moneda

b) la carga negativa total

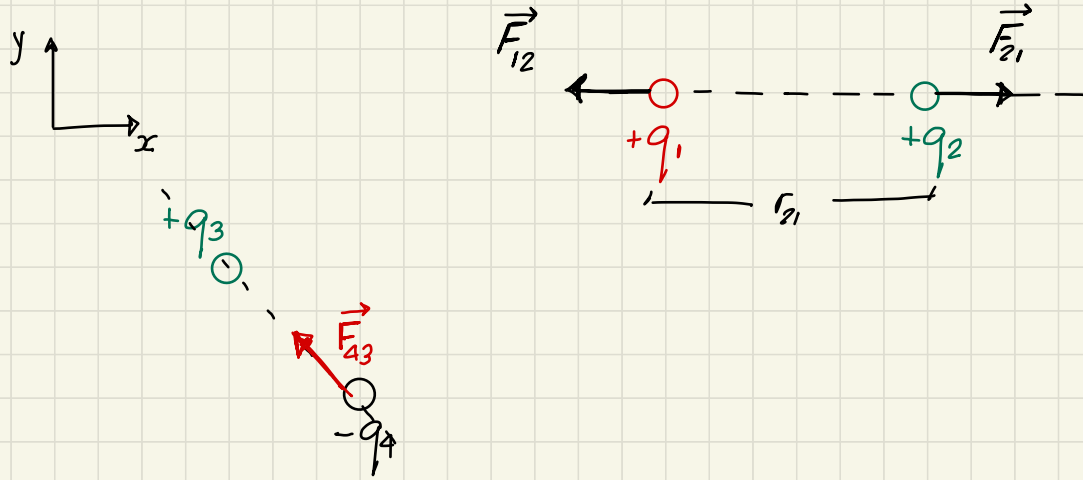
c) ¿Cuántos electrones en exceso debe depositarse a la moneda para que tenga una carga neta de $Q = -3.2 \text{ nC}$?

$$a) \quad 4.06 \text{ g} * \frac{1 \text{ mol}}{63.5 \text{ g}} * \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ átomos}}{1 \text{ mol}} = \underline{3.849 \times 10^{22} \text{ átomos}}$$

$$b) \quad 3.849 \times 10^{22} \text{ átomos} * \frac{29 \text{ electrones}}{1 \text{ átomo}} * \frac{-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}}{1 \text{ electrón}} = \underline{-178,594 \text{ Coulombs}}$$

$$c) \quad \# \text{ electrones} = \frac{|Q|}{e} = \frac{3.2 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} = \underline{2 \times 10^{10} \text{ electrones}}$$

Fuerza Eléctrica entre partículas con carga



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

$$|F_{21}| = k \frac{|q_2||q_1|}{r_{21}^2}$$

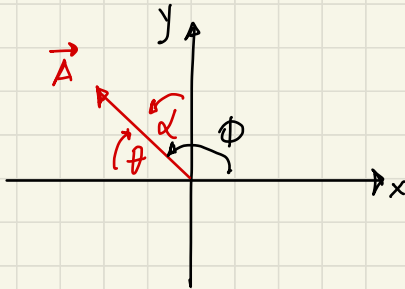
$k \rightarrow$ cte. de Coulomb

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$\epsilon_0 \rightarrow$ permitividad

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$$

Recordar vectores:



$$A_x = -|A| \sin \alpha$$

$$A_y = +|A| \cos \alpha$$

$$A_x = -|A| \cos \theta$$

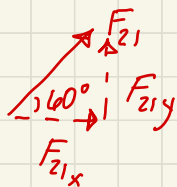
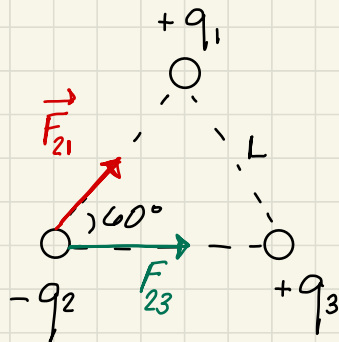
$$A_y = +|A| \sin \theta$$

$$A_x = |A| \cos \phi$$

$$A_y = |A| \sin \phi$$



¿Qué sucede si se tienen más de dos partículas?



$$\vec{F}_2 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{23}$$

$$\vec{F}_{21} = \frac{k|q_2||q_1|}{L^2} (\cos 60^\circ \hat{i} + \sin 60^\circ \hat{j})$$

$$\vec{F}_{23} = + \frac{k|q_2||q_3|}{L^2} \hat{i}$$

$$\vec{F}_2 = \left[\frac{k|q_2||q_1| \cos 60}{L^2} + \frac{k|q_2||q_3|}{L^2} \right] \hat{i} + \frac{k|q_2||q_1| \sin 60}{L^2} \hat{j}$$

Ejercicio 2.

Para la distribución de cargas que aparece en la figura encuentre la fuerza que experimenta la carga q_4 . $a = 10 \text{ cm}$;

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

$$q_1 = q_2 = +2 \times 10^{-6}$$

$$q_3 = q_4 = -1 \times 10^{-6}$$

$$\vec{F}_4 = \vec{F}_{41} + \vec{F}_{42} + \vec{F}_{43}$$

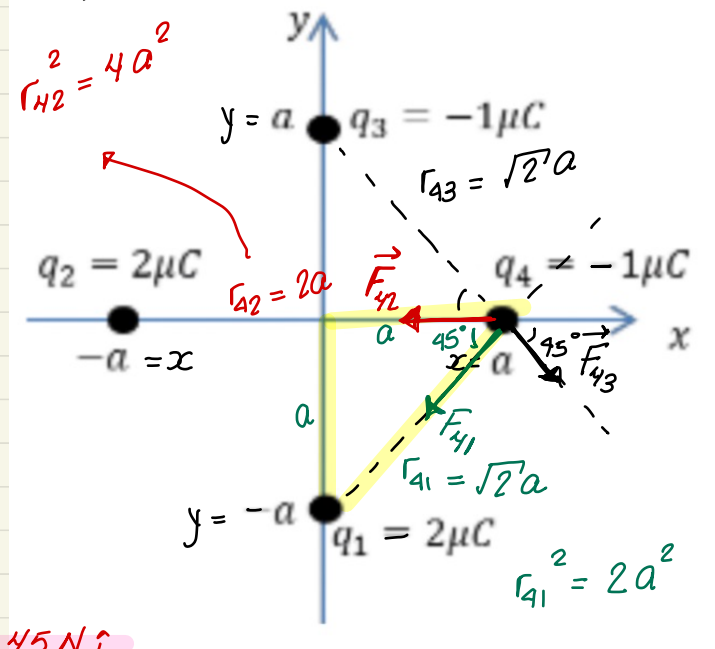
$$\vec{F}_{41} = \frac{k |q_4| |q_1|}{r_{41}^2} (-\cos 45^\circ \hat{i} - \sin 45^\circ \hat{j})$$

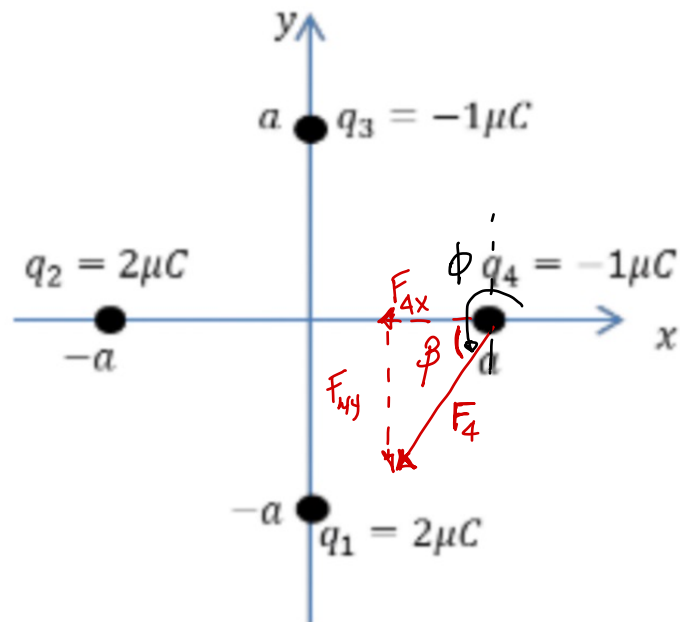
$$= \frac{9 \times 10^9 (1 \times 10^{-6}) (2 \times 10^{-6})}{2 (0.1)^2} [-\cos 45^\circ \hat{i} - \sin 45^\circ \hat{j}]$$

$$= (-0.6364 \hat{i} - 0.6364 \hat{j}) \text{ N}$$

$$\vec{F}_{42} = -\frac{k |q_4| |q_2|}{r_{42}^2} \hat{i} = -\frac{9 \times 10^9 (1 \times 10^{-6}) (2 \times 10^{-6})}{4 (0.1)^2} \hat{i} = -0.45 \text{ N} \hat{i}$$

$$\begin{aligned} \vec{F}_{43} &= \frac{k |q_4| |q_3|}{2a^2} (\cos 45^\circ \hat{i} - \sin 45^\circ \hat{j}) = \frac{9 \times 10^9 (1 \times 10^{-6}) (1 \times 10^{-6})}{2 (0.1)^2} (\cos 45^\circ \hat{i} - \sin 45^\circ \hat{j}) = \\ &= (0.3182 \hat{i} - 0.3182 \hat{j}) \text{ N} \end{aligned}$$





$$\vec{F}_y = [(-0.6364 - 0.45 + 0.3182)\hat{i} + (-0.6364 - 0.3182)\hat{j}] \text{ N}$$

$$\vec{F}_y = [-0.7628\hat{i} - 0.9546\hat{j}] \text{ N}$$

$$|\vec{F}_y| = \sqrt{(-0.7628)^2 + (-0.9546)^2}$$

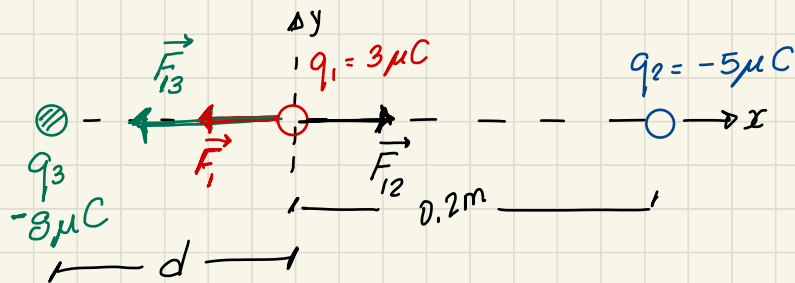
$$|\vec{F}_y| = 1.223 \text{ N}$$

$$\beta = \tan^{-1} \frac{-0.9546}{-0.7628} = 51.4^\circ$$

$$\phi = 180 + 51.4 = 231.4^\circ$$

$$\vec{F}_y = 1.223 \text{ N } \angle 231.4^\circ$$

Ejercicio 3. Tres cargas puntuales se localizan sobre el eje "x". La carga $q_1 = +3 \times 10^{-6} \text{ C}$ y se localiza en el origen de coordenadas. $q_2 = -5 \times 10^{-6} \text{ C}$ y se encuentra en $x = 0.2 \text{ m}$. ¿En donde debe ubicarse una carga $q_3 = -8 \times 10^{-6} \text{ C}$ si la fuerza neta sobre la carga q_1 es $F_1 = 7 \text{ N}$ en dirección negativa de "x".



$$\begin{aligned}\vec{F}_1 &= \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} \\ -7 &= + \frac{k|q_1||q_2|}{r_{12}^2} + \vec{F}_{13} \\ \vec{F}_{13} &= -7 - \frac{k|q_1||q_2|}{r_{12}^2} \\ \vec{F}_{13} &= -7 - \frac{9 \times 10^9 (3 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-6})}{0.2^2} \\ \vec{F}_{13} &= -10.375 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13}$$

Diagrama vectorial que ilustra la ecuación $\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13}$. Se muestra un vector \vec{F}_{12} dirigido hacia la derecha y un vector \vec{F}_{13} dirigido hacia la izquierda. El vector resultante \vec{F}_1 también está dirigido hacia la izquierda.

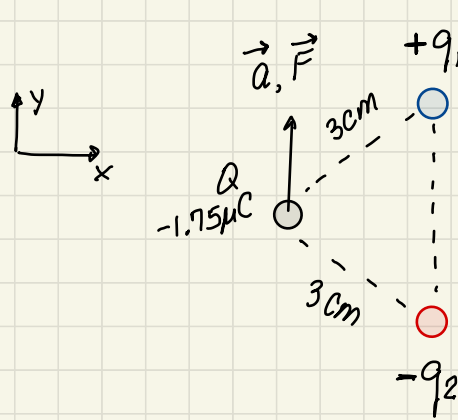
$$|\vec{F}_{13}| = \frac{k|q_1||q_3|}{d^2}$$

$$d = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 (3 \times 10^{-6})(8 \times 10^{-6})}{10.375}}$$

$$d = 0.144 \text{ m}$$

q_3 debe estar ubicada en $x = -0.144 \text{ m}$

Ejercicio 4. Dos cargas puntuales q_1 y q_2 se encuentran fijas y separadas 4.5cm como se muestra en la figura. Otra carga Q que tiene una masa de 5gramos, inicialmente en reposo se encuentra a 3cm de ambas cargas y se suelta. Se observa que la aceleración inicial es de 324 m/s^2 en dirección vertical hacia arriba. Encuentre la magnitud y signos de q_1 y q_2 .



$$\vec{F} = \sum \vec{F} = m\vec{a} = 5 \times 10^{-3} (324) = 1.62 \text{ N } \hat{j}$$

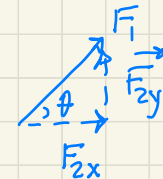
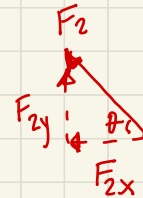
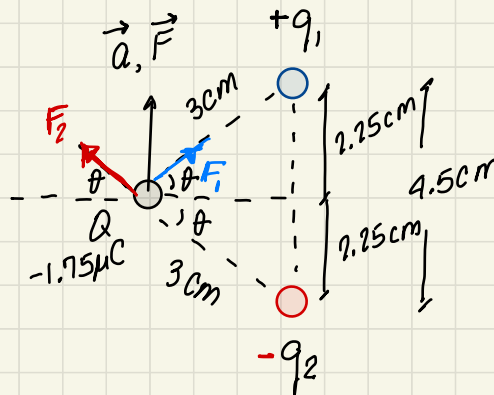
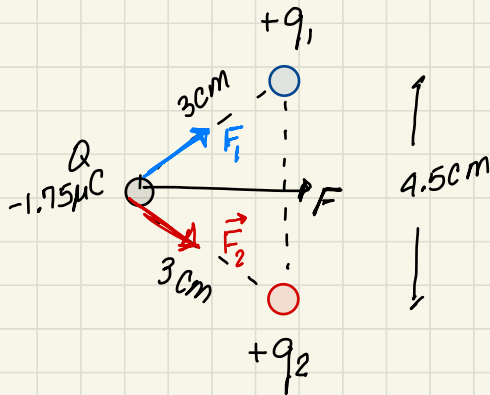
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 1.62$$

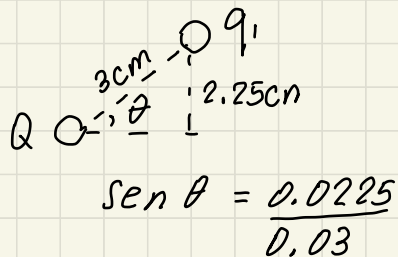
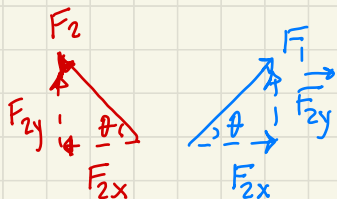
$$0 = \vec{F}_{1x} + \vec{F}_{2x} = \frac{+|q_1||Q|\cos\theta}{0.03^2} - \frac{|q_2||Q|\cos\theta}{0.03^2}$$

$$0 = |q_1| - |q_2|$$

$$|q_1| = |q_2|$$



$$|q_1| = |q_2|$$



$$\theta = \sin^{-1} \frac{0.0225}{0.03}$$

$$\theta = 48.59^\circ$$

$$Q = -1.75 \mu\text{C}$$

$$\Sigma F_y = 1.62 = \vec{F}_{1y} + \vec{F}_{2y}$$

$$1.62 = \frac{k |q_1| |Q| \sin \theta}{0.03^2} + \frac{k |q_2| |Q| \sin \theta}{0.03^2}$$

$$1.62 = \frac{2k |q_1| |Q| \sin \theta}{0.03^2}$$

$$|q_1| = \frac{1.62 * 0.03^2}{2(9 \times 10^9)(1.75 \times 10^{-6}) \left(\frac{0.0225}{0.03} \right)}$$

$$|q_1| = 61.7 \text{ nC}$$

\Rightarrow

$$\begin{aligned} q_1 &= +61.7 \text{ nC} \\ q_2 &= -61.7 \text{ nC} \end{aligned}$$