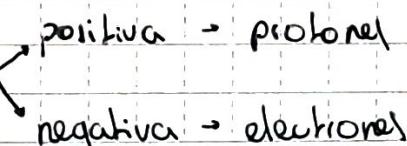
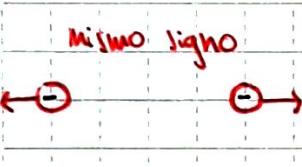


## Carga y fuerza eléctrica

Carga eléctrica : Propiedad fundamental de la materia.

- Existen dos tipos de carga  positiva → protones  


mismo signo



signos diferentes



Se repelen / Repulsión

Se atraen / Atracción

## Estructura de la materia

- Número atómico → # protones y electrones
- Masa electron =  $9.1 \times 10^{-31}$  kg
- Masa proton =  $1.67 \times 10^{-23}$  kg
- e = unidad natural de carga =  $1.6 \times 10^{-19}$  Coulombs

Átomo neutro

$$\begin{array}{c} -11e \\ +11e \end{array} \left. \begin{array}{l} \text{Carga} \\ \text{netra} \end{array} \right\} \Rightarrow 0$$

Pérdida de  
un electrón

Ion positivo

$$\begin{array}{c} +11e \\ -10e \end{array} \left. \begin{array}{l} \text{Carga} \\ \text{netra} \end{array} \right\} \Rightarrow +e$$

## • Principios básicos para la carga

### • Principio de conservación de la carga:

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

### • La carga está cuantizada (Millikan)

La carga siempre se presenta como un múltiplo entero de la carga básica

• Materiales conductores: Los electrones externos de cada atomo se liberan y se mueven con libertad a través del material.

• Materiales aislantes: La carga eléctrica no puede desplazarse a través del material.

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

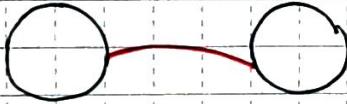
$$q_1 = 4nC$$

$$q_2 = -6nC$$



$$q_1 = +3nC$$

$$q_2 = -5nC$$



$$q_f = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{4 - 6}{2} = -1$$

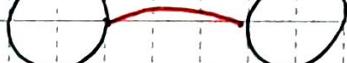
$$q_1 = 0$$

$$q_2 = -2nC$$



$$q_1 = 1nC$$

$$q_2 = -1nC$$



equilibrio

Recordatorio:

$m$	$\times 10^{-3}$	milli
$\mu$	$\times 10^{-6}$	micro
$n$	$\times 10^{-9}$	nano
$p$	$\times 10^{-12}$	pico

• Ejercicio que involucra carga eléctrica

Una pequeña moneda de cobre, electricamente neutra tiene 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. Calcular:

a) Cantidad de átomos que contiene la moneda.

b) La carga negativa total.

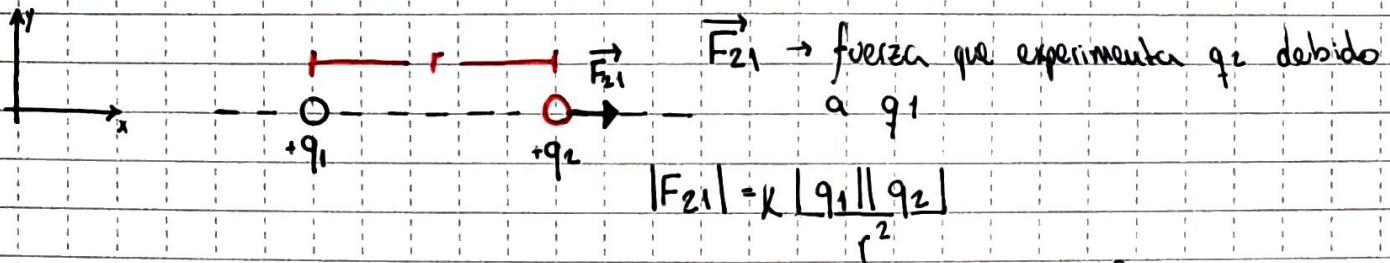
c) Cuantos electrones en exceso debe depositarse a la moneda para que tenga una carga neta de  $Q = -3.2 \text{ nC}$

$$\text{a)} \frac{4.06 \text{ gr}}{63.5 \text{ g/mol}} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ átomos} = \underline{\underline{3.849 \times 10^{22} \text{ átomos}}} \rightarrow$$

$$\text{b)} \frac{3.849 \times 10^{22} \text{ átomos}}{1 \text{ átomo}} \times \frac{-1.60 \times 10^{-19} \text{ C}}{1 \text{ electrón}} = \underline{\underline{-178.6 \times 10^3 \text{ C}}} \rightarrow$$

$$\text{c)} \frac{-3.2 \times 10^{-9} \text{ C}}{-1.60 \times 10^{-19} \text{ C}} \times 1 \text{ electrón} = \underline{\underline{2 \times 10^{10} \text{ electrones}}} \rightarrow$$

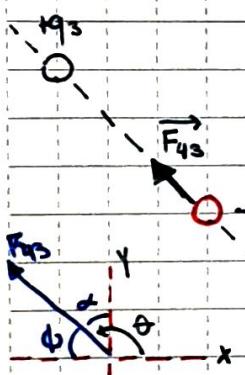
Fuerza eléctrica entre partículas con carga



$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad \epsilon_0 \rightarrow \text{permisividad del vacío}$$

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

$$\vec{F}_{21} = k \frac{|q_2||q_1|}{r^2} \hat{r}$$



"uno coloca signos"

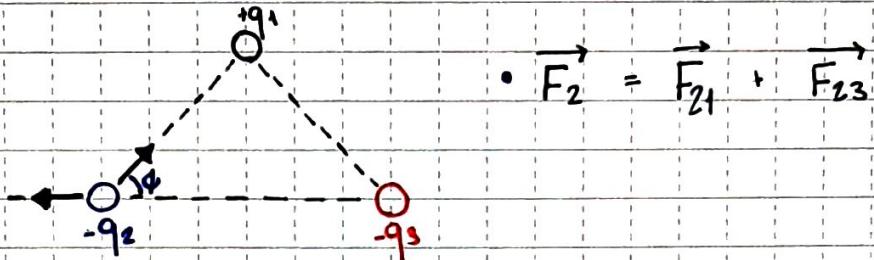
$$\begin{aligned} \text{Si } \psi &\propto \\ F_{43x} &= -F_{43} \operatorname{sen} \theta \\ F_{43y} &= F_{43} \cos \theta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Si } \psi &\propto \phi \\ F_{43x} &= F_{43} \cos \phi \\ F_{43y} &= F_{43} \operatorname{sen} \phi \end{aligned}$$

"Los signos salen solos"

$$\begin{aligned} \text{Si } \psi &\propto \theta \\ F_{43x} &= F_{43} \cos \theta \\ F_{43y} &= F_{43} \operatorname{sen} \theta \end{aligned}$$

¿Qué sucede si se tienen más de dos cargas?



$$\vec{F}_{21} = \frac{k|q_1||q_2|}{r_{21}^2} [\cos\phi \hat{i} + \sin\phi \hat{j}]$$

$$\vec{F}_{23} = \frac{k|q_2||q_3|}{r_{23}^2} [-\hat{i}]$$

$$\bullet \vec{F}_2 = \left[ \frac{k|q_2||q_1|}{r_{21}^2} \cos\phi - \frac{k|q_2||q_3|}{r_{23}^2} \right] \hat{i} + \left[ \frac{k|q_2||q_1|}{r_{21}^2} \sin\phi \right] \hat{j}$$

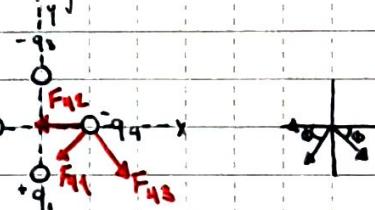
### EJERCICIO 2

Para la distribución de cargas que aparece en la figura encuentre la fuerza que experimentan la carga  $q_4$ .  $a = 10\text{cm} = 0.1\text{m}$

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

$$c = \sqrt{0.1^2 + 0.1^2} \\ 0 = \sqrt{2}/10$$

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



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

$$\vec{F}_{43} = \frac{k|q_4||q_3|}{r_{43}^2} [\cos\alpha \hat{i} - \sin\alpha \hat{j}] = \frac{9 \times 10^9 (1 \times 10^{-6})(1 \times 10^{-6})}{(\sqrt{2}/10)^2} [\cos 45^\circ \hat{i} - \sin 45^\circ \hat{j}]$$

$$\vec{F}_{42} = \frac{k|q_4||q_2|}{r_{42}^2} [\hat{i}] = \frac{9 \times 10^9 (1 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(0.2)^2} [\hat{i}]$$

$$\vec{F}_{41} = \frac{k|q_4||q_1|}{r_{41}^2} [-\cos\theta \hat{i} - \sin\theta \hat{j}] = \frac{9 \times 10^9 (1 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(\sqrt{2}/10)^2} [-\cos 45^\circ \hat{i} - \sin 45^\circ \hat{j}]$$

$$\vec{F}_{43} = \frac{9 \times 10^9 (1 \times 10^{-6})(1 \times 10^{-6})}{(\sqrt{2}/10)^2} \cos 45^\circ \hat{x} - \frac{9 \times 10^9 (1 \times 10^{-6})(1 \times 10^{-6})}{(\sqrt{2}/10)^2} \sin 45^\circ \hat{y}$$

$$\vec{F}_{42} = \frac{9 \times 10^9 (1 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(0.2)^2} \hat{z}$$

$$\vec{F}_{41} = \frac{9 \times 10^9 (1 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(\sqrt{2}/10)^2} \cos 45^\circ \hat{x} - \frac{9 \times 10^9 (1 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(\sqrt{2}/10)^2} \sin 45^\circ \hat{y}$$

$$\vec{F}_{43} = \frac{9\sqrt{2}}{40} \hat{x} - \frac{9\sqrt{2}}{40} \hat{y}$$

$$\vec{F}_{42} = -0.45 \hat{z}$$

$$\vec{F}_{41} = -\frac{9\sqrt{2}}{20} \hat{x} - \frac{9\sqrt{2}}{20} \hat{y}$$

$$\bullet \vec{F}_1 = \left[ \frac{9\sqrt{2}}{40} - 0.45 - \frac{9\sqrt{2}}{20} \right] \hat{x} + \left[ -\frac{9\sqrt{2}}{40} - \frac{9\sqrt{2}}{20} \right] \hat{y} = (-0.768 \hat{x} - 0.955 \hat{y}) N$$

$$|F_1| = \sqrt{(-0.768)^2 + (-0.955)^2} = 1.23 N$$

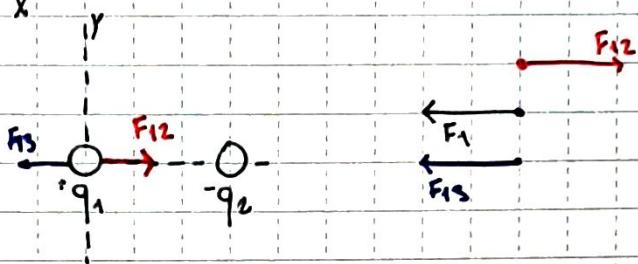
$$\alpha = \tan^{-1} \frac{-0.955}{-0.768} = 51.18^\circ + 180^\circ = 231.18^\circ$$

porque obtuve  
en el 3er  
cuadrante.

$$|F_1| = 1.23 N \quad 231.18^\circ$$

### EJERCICIO 3

Tres cargas puntuales se localizan sobre el eje  $x^1$ . La carga  $q_1 = +3 \times 10^{-6} C$  se localiza en el origen de coordenadas.  $q_2 = -5 \times 10^{-6} C$  y se encuentra en  $x = 0.2 m$  (en donde debe ubicarse una carga  $q_3 = -8 \times 10^{-6} C$  si la fuerza neta sobre la carga  $q_1$  es  $F_1 = 7 N$  en dirección negativa  $x$ )



$$q_1 = 3 \times 10^{-6} C$$

$$q_2 = -5 \times 10^{-6} C$$

$$q_3 = -8 \times 10^{-6} C$$

$$F_1 = 7 N$$

$$\bullet F_1 = F_{12} + F_{13}$$

$$F_{12} = \frac{k|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = \frac{9 \times 10^9 (3 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-6})}{(0.2)^2} = 3.375 N$$

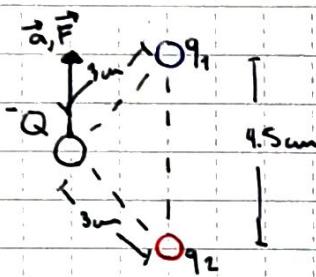
$$F_{13} = \frac{k|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = \frac{9 \times 10^9 (3 \times 10^{-6})(8 \times 10^{-6})}{r_{13}^2} = \frac{0.216}{r_{13}^2}$$

$$\bullet -7 = +3.375 - \frac{0.216}{r_{13}^2} \rightarrow -10.375 = \frac{-0.216}{r_{13}^2} \rightarrow r_{13}^2 = \frac{-0.216}{-10.375} \rightarrow r_{13} = \sqrt{\frac{-0.216}{-10.375}} = 0.141$$

21 La posición de  $q_3$  es  $x = 0.14 m$

## EJERCICIO :

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



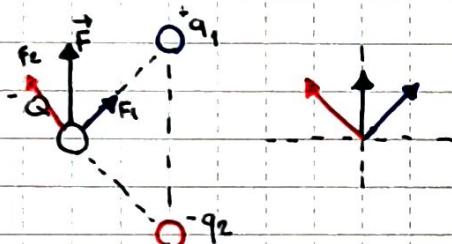
$$\bullet \vec{F} = m\vec{a}$$

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

$$|q_1| = |q_2|$$

$$q_1 \Rightarrow +$$

$$q_2 \Rightarrow -$$



$$\bullet \vec{F} = m\vec{a} = 5 \times 10^{-3} (324) = 1.62 \text{ g}$$

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

$$\vec{F} = [\vec{F}_{1x} + \vec{F}_{2x}] \hat{x} + [\vec{F}_{1y} + \vec{F}_{2y}] \hat{y}$$

$$\vec{F} = 1.62 \hat{y} \rightarrow 1.62 = \frac{k|q_1||Q|\sin\theta}{r_1^2} + \frac{k|q_2||Q|\sin\theta}{r_2^2} \rightarrow q_1 = q_2$$

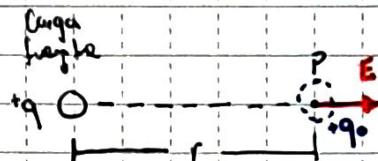
$$1.62 = \frac{k|q_1||Q|\sin\theta}{0.03^2}$$

$$\sin\theta = \frac{0.0225}{0.03} = 0.75$$

$$1.62 = \frac{9 \times 10^{-9} |q| |1.75 \times 10^{-6}| 0.75}{0.03^2}$$

## CAMPO ELECTRICO

Campo eléctrico de cargas puntuales

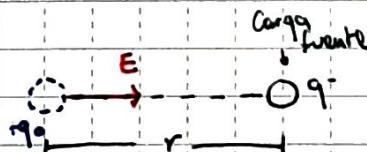


$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad q_0 \rightarrow \text{Carga prueba +}$$

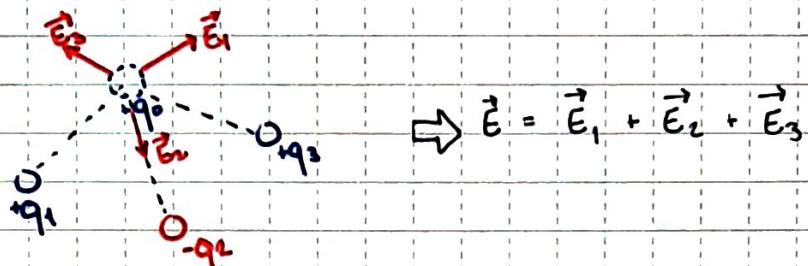
$$E = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{k|q_1|}{r^2} \uparrow \rightarrow |E| = \frac{k|q_1|}{r^2}$$

Dimensionales :  $\frac{N}{C} ; \frac{V}{m}$

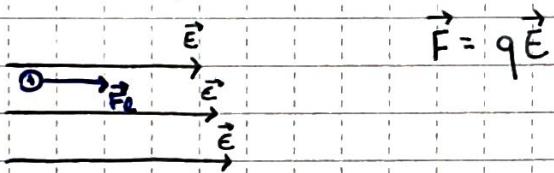
¿Qué pasa si la carga fuente es negativa?



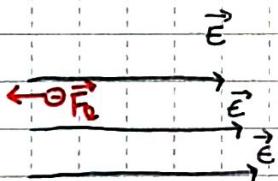
Campo eléctrico producido por varias cargas puntuales



Una partícula positiva en un campo eléctrico experimenta una fuerza en la misma dirección que el campo

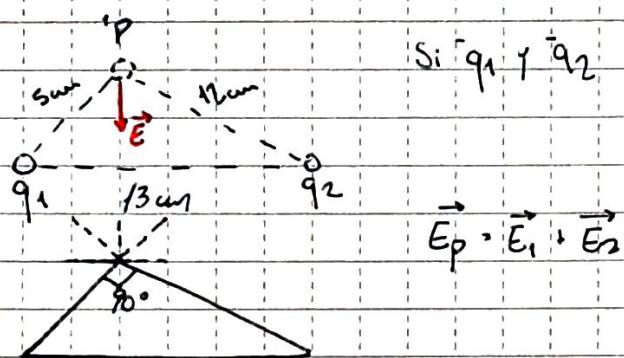


Una partícula negativa en un campo eléctrico experimenta una fuerza en dirección opuesta al campo

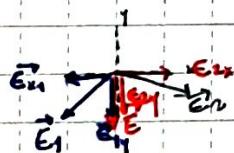


## Ejercicio 2

Dos cargas se colocan como se muestra en la figura. La magnitud de  $q_1$  es  $3 \times 10^{-6}$  C, pero se desconoce su signo. Se desconoce la magnitud y dirección de  $q_2$ . La dirección del campo eléctrico en el punto  $P$  es enteramente en dirección negativa de "y". a) ¿Cuáles son los signos de las cargas y la magnitud de  $q_2$ ? b) ¿Cuál es el valor del campo eléctrico en  $P$ ?



$$\text{Si } q_1 > q_2$$



$$\tan \theta = \frac{0.05}{0.12} \rightarrow \theta = 22.62^\circ$$

$$\tan \alpha = \frac{0.12}{0.05} \rightarrow \alpha = 67.38^\circ$$

a)

$$E_{x1} + E_{x2} = 0$$

$$-\frac{k|q_1|\cos\alpha}{r_1^2} + \frac{k|q_2|\cos\theta}{r_2^2} = 0 \rightarrow |q_2| = \frac{|q_1|\cos\alpha}{\cos\theta} = \frac{(3 \times 10^{-6})(\cos 67.38^\circ)}{\cos 22.62^\circ} = (3 \times 10^{-6})(0.12)^2$$

$$|q_2| = 7.20 \mu\text{C} \rightarrow q_2 = -7.20 \mu\text{C}$$

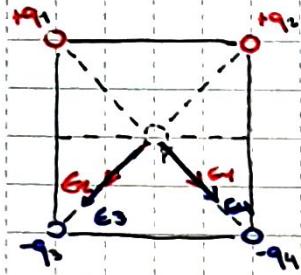
$$q_1 = -3.00 \mu\text{C}$$

b)  $\vec{E}_{1y} + \vec{E}_{2y} = \vec{E}_{Py}$

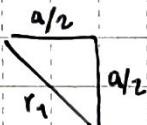
$$\vec{E}_P = -\frac{k|q_1|\sin\alpha}{r_1^2} - \frac{k|q_2|\sin\theta}{r_2^2} \rightarrow -\frac{9 \times 10^9 (3 \times 10^{-6}) \sin 67.38^\circ}{(0.05)^2} - \frac{9 \times 10^9 (7.2 \times 10^{-6}) \sin 22.62^\circ}{(0.12)^2}$$

$$\vec{E}_P = -11.7 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}} \uparrow \quad \text{o} \quad -11.7 \frac{\text{MN}}{\text{C}} \uparrow$$

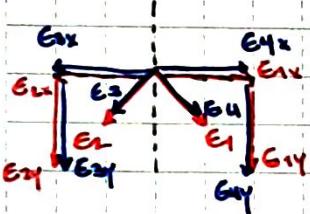
Ejercicio 3. Se coloca una carga puntual en cada vértice de un cuadrado de lados  $a$ . Calcule la magnitud y dirección del campo en el centro del cuadrado.



$$\vec{E}_o = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4$$



$$r_1^2 = \left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2 = \frac{a^2}{4} + \frac{a^2}{4} = \frac{a^2}{2}$$



$$E_{1x} + E_{2x} + E_{3x} + E_{4x} = 0$$

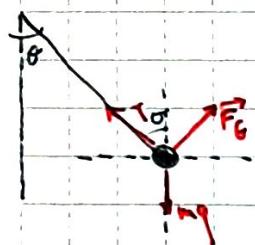
$$E_{1y} + E_{2y} + E_{3y} + E_{4y} = 4E_{1y}$$

$$\vec{E}_o = 4\vec{E}_{1y} = 4 \left( -k \frac{|q_1| \sin 45^\circ}{r_1^2} \right) \hat{j} = -\frac{4k|q_1| \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{a^2}{2}} \hat{j} = \frac{-4\sqrt{2}k|q_1|}{a^2} \hat{j}$$

**P1**  $\frac{-4\sqrt{2}k|q_1|}{a^2} \hat{j}$

### Ejercicio 4

Una pelota de corcho de 1 gramo de masa cesa suspendida de un hilo muy ligero en un campo eléctrico uniforme como se muestra en la figura. (Cuando  $E = (3i + 5j) \times 10^5 \text{ N/C}$ , la pelota está en equilibrio a un ángulo de 37 grados). Encuentre a) la carga de la pelota, b) la tensión del hilo.



$$\sum \vec{F} = \emptyset$$

$$\sum \vec{E}_y = \emptyset$$

$$\sum \vec{E}_x = \emptyset$$

$$\vec{F}_E = q \vec{E}$$

$$\vec{F}_E = q(3 \times 10^5 i + 5 \times 10^5 j)$$

$$\vec{F}_E = 3 \times 10^5 q i + 5 \times 10^5 q j$$

$$\sum F_x = \emptyset$$

$$\sum F_y = \emptyset$$

$$F_G - T_x = \emptyset$$

$$T_y + F_{Ey} - mg = \emptyset$$

$$3 \times 10^5 g = T \sin 37^\circ$$

$$T \cos 37^\circ + 5 \times 10^5 g = 1 \times 10^{-3} (9.8)$$

$$T = \frac{3 \times 10^5 g}{\sin 37^\circ}$$

$$\sin 37^\circ$$

a) entonces:

$$\frac{3 \times 10^5 g}{\tan 37^\circ} + 5 \times 10^5 g = 9.8 \times 10^{-3} \rightarrow q = \frac{9.8 \times 10^{-3}}{\frac{3 \times 10^5}{\tan 37^\circ} + 5 \times 10^5} = 10.9 \text{ nC}$$

b)  $T = \frac{3 \times 10^5 (10.9 \times 10^{-9})}{\sin 37^\circ} = 5.43 \text{ mN}$