Concepto de carga eléctrica

Al igual que la masa, la carga eléctrica es una de las propiedades fundamentales de la materia

Masa ⟹ desarrollo de la mecánica de Newton y Gravitación

Carga eléctrica ⟹ desarrollo del Electromagnetismo

Los fenómenos eléctricos son conocidos desde la época de la civilización griega (600 AC): al frotar ámbar (resina vegetal solidificada) con un trozo de lana, aquel podía atraer objetos livianos (pequeños trozos de papiro)

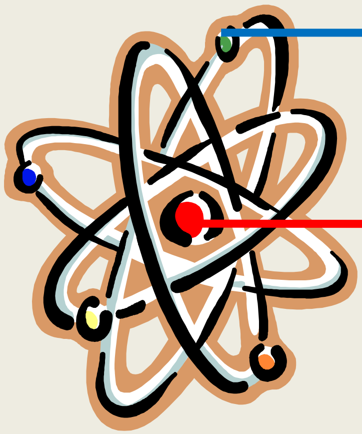
Enfoque fenomenológico: la carga eléctrica es una propiedad de la materia que tomamos como dada (al igual que la masa). Estudiaremos sus características e interacciones.

Propiedades de la carga eléctrica

- La carga eléctrica existe solo en 2 "variedades" :**positiva**
  negativa

- La carga eléctrica se conserva en un sistema aislado
- Cargas eléctricas del **mismo signo** (variedad) **se repelen**
- Cargas eléctricas de **distinto signo** (variedad) **se atraen**
- La carga eléctrica se encuentra en la Naturaleza en "paquetes discretos" (cuantización de la carga)

e^- = - 1,62 10^{-19} Coulombs
p^+ = +1,62 10^{-19} Coulombs



Electrones (-) e^-

Protones (+) p^+

Átomo de cualquier elemento:

Nº de e^- = Nº de p^+

Materia eléctricamente neutra

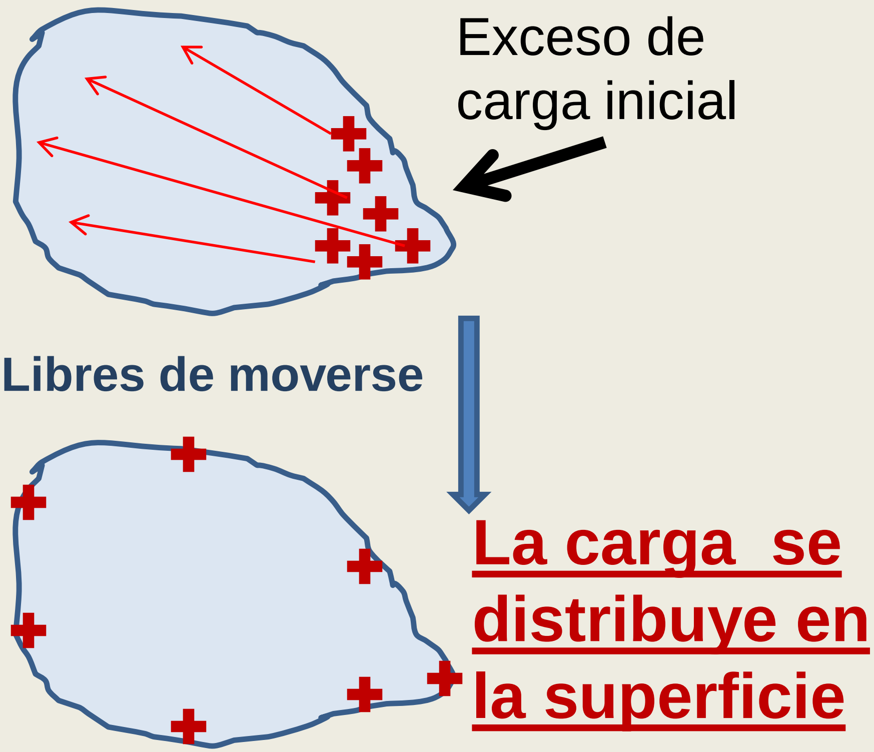
Conductores y Aisladores

Si bien las cargas eléctricas pueden existir en forma aislada, los fenómenos eléctricos se manifiestan entre **cuerpos cargados.**

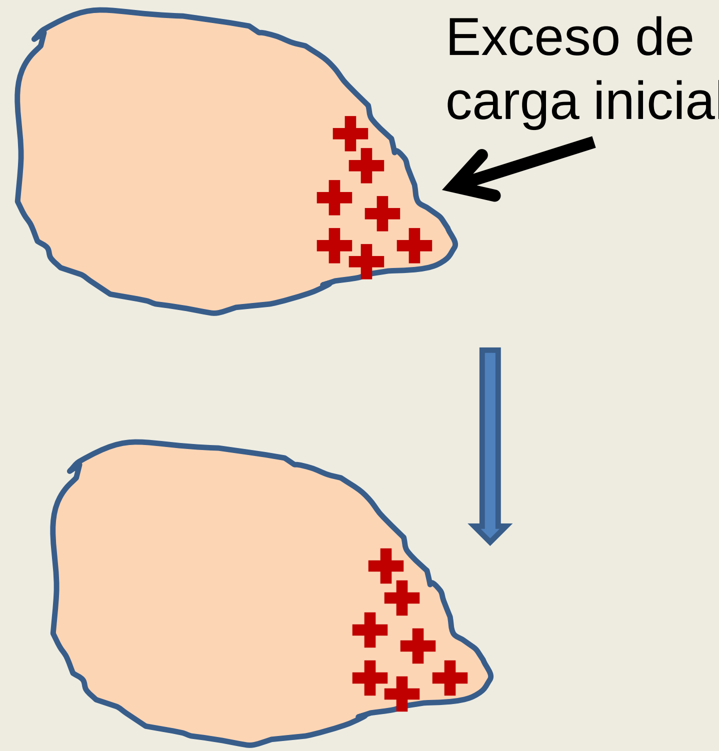
Cuerpo cargado = exceso de carga

- **positiva : < Nº de e^-**
- **negativa : > Nº de e^-**

Conductores



Aisladores



Ley de Coulomb

¿Cómo se cuantifican las interacciones entre cargas eléctricas?

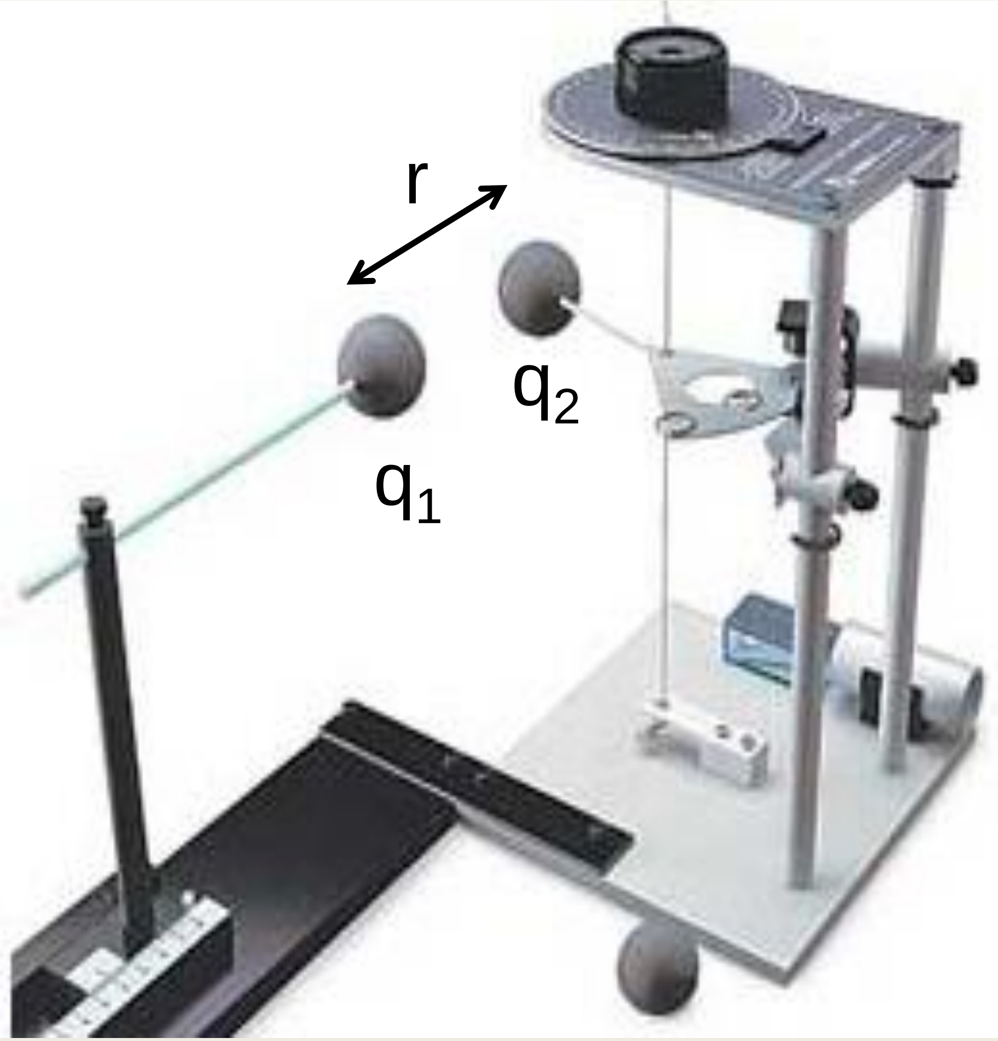
En 1785, Charles Agustin de Coulomb realizó cuidadosos experimentos para investigar las relaciones cuantitativas de las interacciones de atracción y repulsión de cargas eléctricas

Para estudiar la dependencia de estas interacciones con distintos parámetros, tomó la hipótesis de trabajar con **esferas muy pequeñas cargadas,** de modo que la **"distribución de cargas"** tuviese un **volumen "infinitesimal"** comparado con cualquier dimensión típica del experimento, es decir **"cargas puntuales".**

Instrumento: balanza de torsión

Parámetros a medir: dirección y sentido de la fuerza eléctrica (F_e), dependencia con la distancia que las separa y con el valor de las cargas

Propiedades de $\mathbf{F_e}$ para
Cargas puntuales estáticas



1) **$\mathbf{F_e}$:** dirección de la recta que une a q_1 y a q_2

2) **$\mathbf{F_e}$:** atractiva signos opuestos
$\mathbf{F_e}$: repulsiva mismo signo

3) **$\mathbf{F_e}$** es proporcional a q_1 y q_2

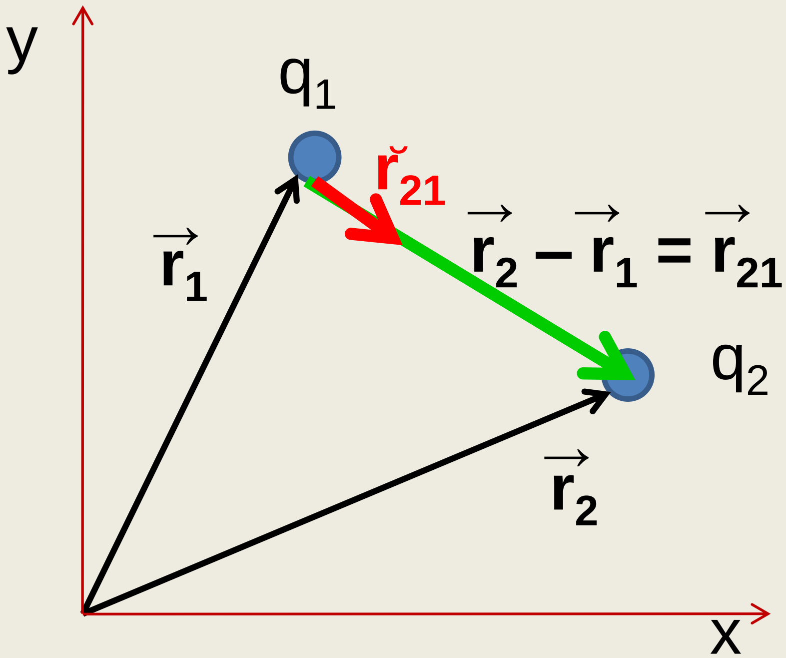
4) **$\mathbf{F_e}$** es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa las cargas

$$\left|F_e\right| = k\left|q_1\right|\left|q_2\right|\frac{1}{r^2}$$

Ley de Coulomb (así nomás)

K = 8,987 10^9 [N m² /C²] MKS

Forma vectorial de la Ley de Coulomb para Electrostática



q_1 y q_2 : cargas puntuales estáticas con vectores posición $\vec{\mathbf{r}}_1$ y $\vec{\mathbf{r}}_2$

Expresar vectorialmente la F_e que experimenta q_2 (carga "muestra") debido a la presencia de q_1 (carga "fuente")

$\vec{\mathbf{r}}_{21}$:vector distancia entre q_1 y q_2

$\breve{\mathbf{r}}_{21}$:versor en la dirección $q_1 \rightarrow q_2$

$$\vec{F}_{21} = k \frac{q_1 \, q_2}{\left|\vec{r}_2 - \vec{r}_1\right|^2} \left(\breve{r}_{21}\right) = k \frac{q_1 \, q_2}{\left|\vec{r}_{21}\right|^2} \breve{r}_{21}$$

$$\vec{F}_{21} = k \; \frac{q_1 \, q_2}{\left| \vec{r}_2 - \vec{r}_1 \right|^2} \left(\breve{r}_{21} \right) = k \, \frac{q_1 \, q_2}{\left| \vec{r}_{21} \right|^2} \; \breve{r}_{21}$$

Las **cargas** deben escribirse **con el signo que les corresponda**

ambas positivas → $\vec{\mathbf{F}}_{\mathbf{21}}$ apunta en sentido de $\breve{\mathbf{r}}_{\mathbf{21}}$ → **repulsiva**

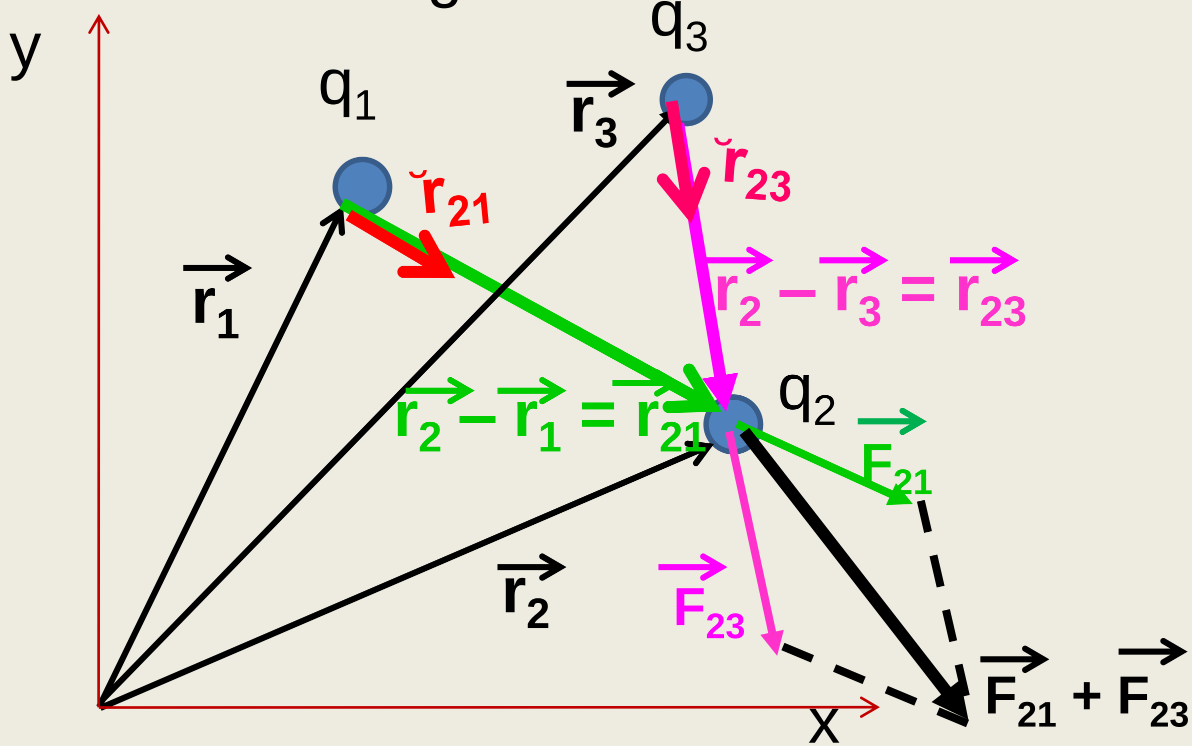
ambas negativas → $\vec{\mathbf{F}}_{\mathbf{21}}$ apunta en sentido de $\breve{\mathbf{r}}_{\mathbf{21}}$ → **repulsiva**

positiva-negativa → $\vec{\mathbf{F}}_{\mathbf{21}}$ apunta en sentido de (- $\breve{\mathbf{r}}_{\mathbf{21}}$) → **atractiva**

Es fácil demostrar que $\vec{\mathbf{F}}_{\mathbf{21}} = - \vec{\mathbf{F}}_{\mathbf{12}}$ (¡HACERLO!)

La LEY DE COULOMB describe la interacción entre DOS CARGAS PUNTUALES ESTÁTICAS.

¿Y si tenemos más de dos cargas?



$$\vec{F}j = k \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{N} \frac{q_j \, q_i}{\left|\vec{r}_j - \vec{r}_i\right|^2} \left(\breve{r}_{ji}\right)$$

PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN

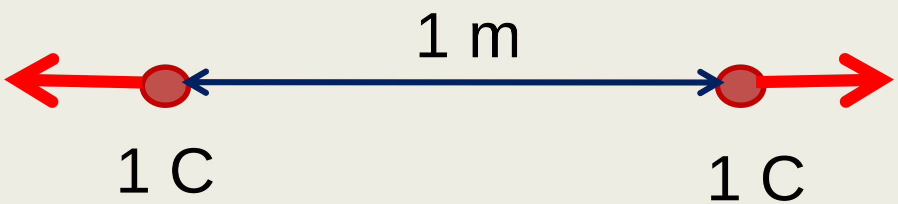
Por razones que veremos más tarde al estudiar las ecuaciones de Maxwell para campos electromagnéticos, la constante k se puede escribir como:

$$k = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0} = 8{,}98 \quad 10^9 \quad \frac{N\ m^2}{C^2}$$

ε_0: <u>permitividad de vacío</u> = 8,854 10^{-12} [C^2 / N m^2]

¿Qué tan grande es una carga de 1 C?

Calculemos la fuerza que se ejercen 2 cargas puntuales (positivas, p.ej.) de 1 C separadas 1 m :

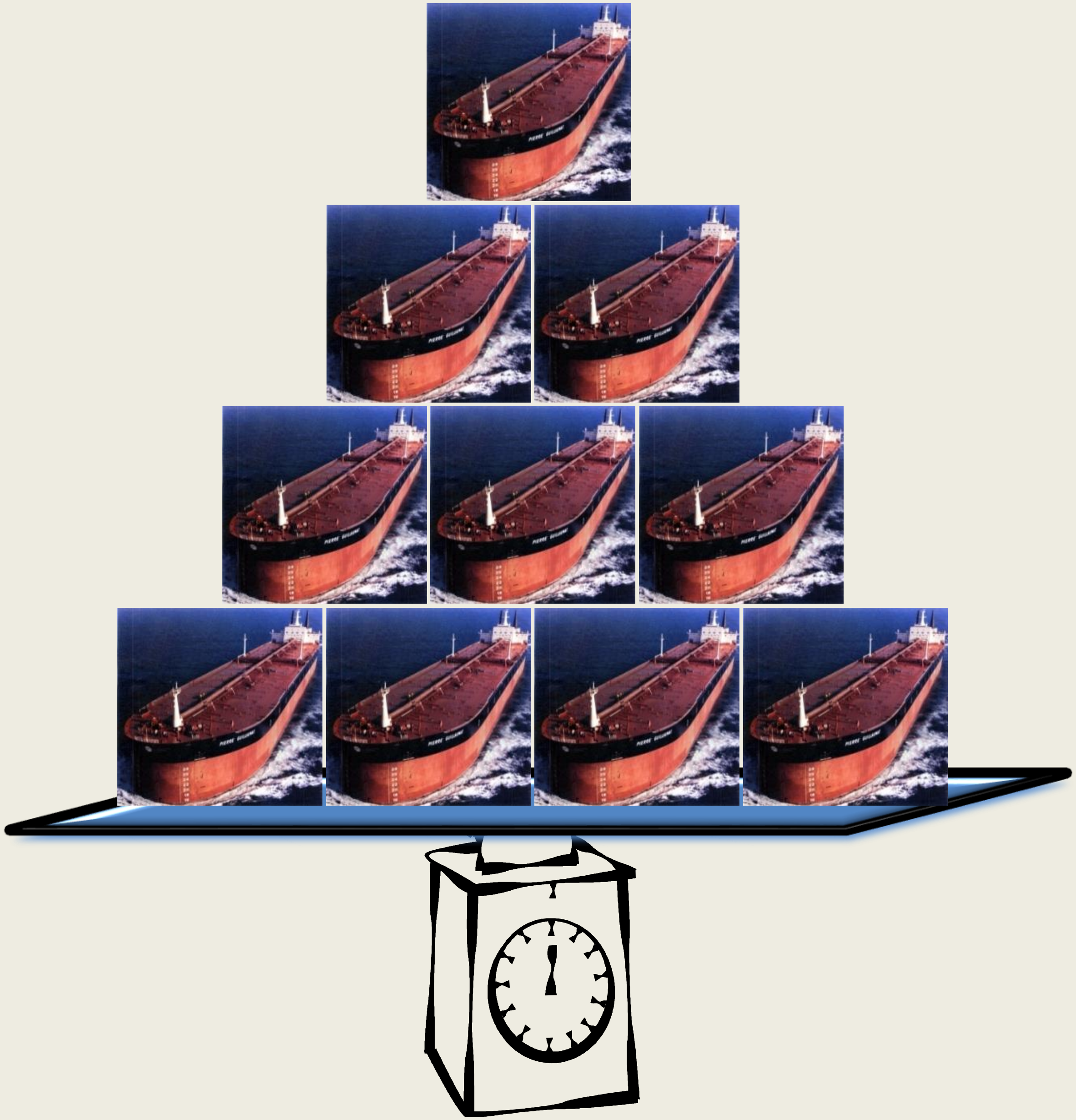


$$\left|F_e\right| = k\,\frac{q_1\,q_2}{r_{12}^{\,2}}\,;\;\; k \cong 9\;10^9\,\frac{N\,m^2}{C^2}$$

$$\therefore\quad \left|F_e\right| = 9\;10^9\,[N] \cong 10^9\,[Kg] = 10^6\;Ton$$

Comparemos este resultado con algo “de la vida diaria”:

El **superpetrolero** más grande desplaza (o sea **pesa**, por Arquímedes) unas **100.000 *Ton***



La fuerza electrostática que se ejercen dos cargas de 1C a 1 m de distancia podría sostener el peso de 10 buques superpetroleros.

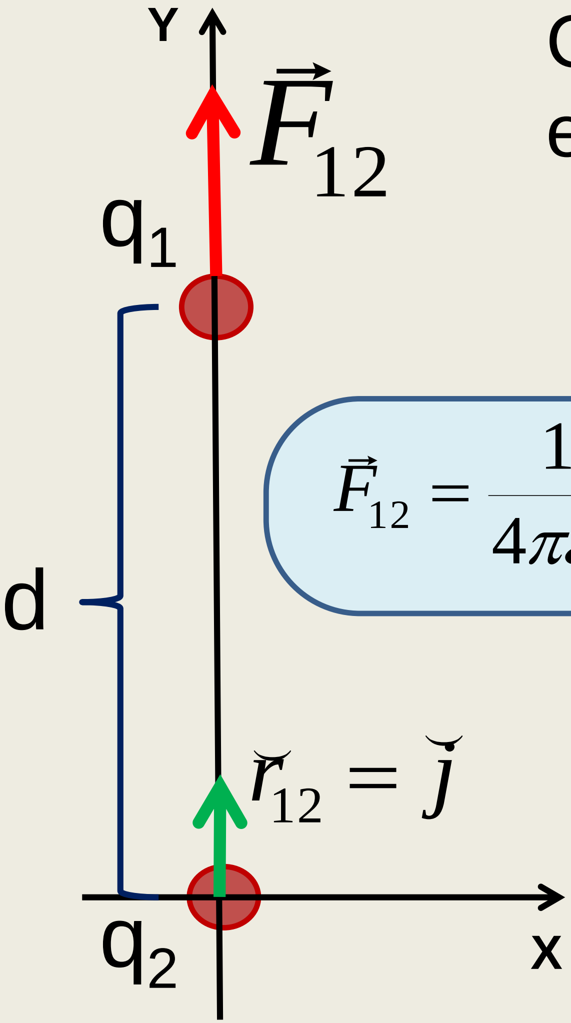
¡ Una carga de 1 C es una carga muy grande!

Por eso se trabaja con cargas del orden de los μC (10^{-6}) o de los nC (10^{-9})

UN EJEMPLO:

$q_1 = q_2$ = -12 μC;   d = 1 cm

Calcular la fuerza de Coulomb que se ejerce sobre q_1 debido a q_2

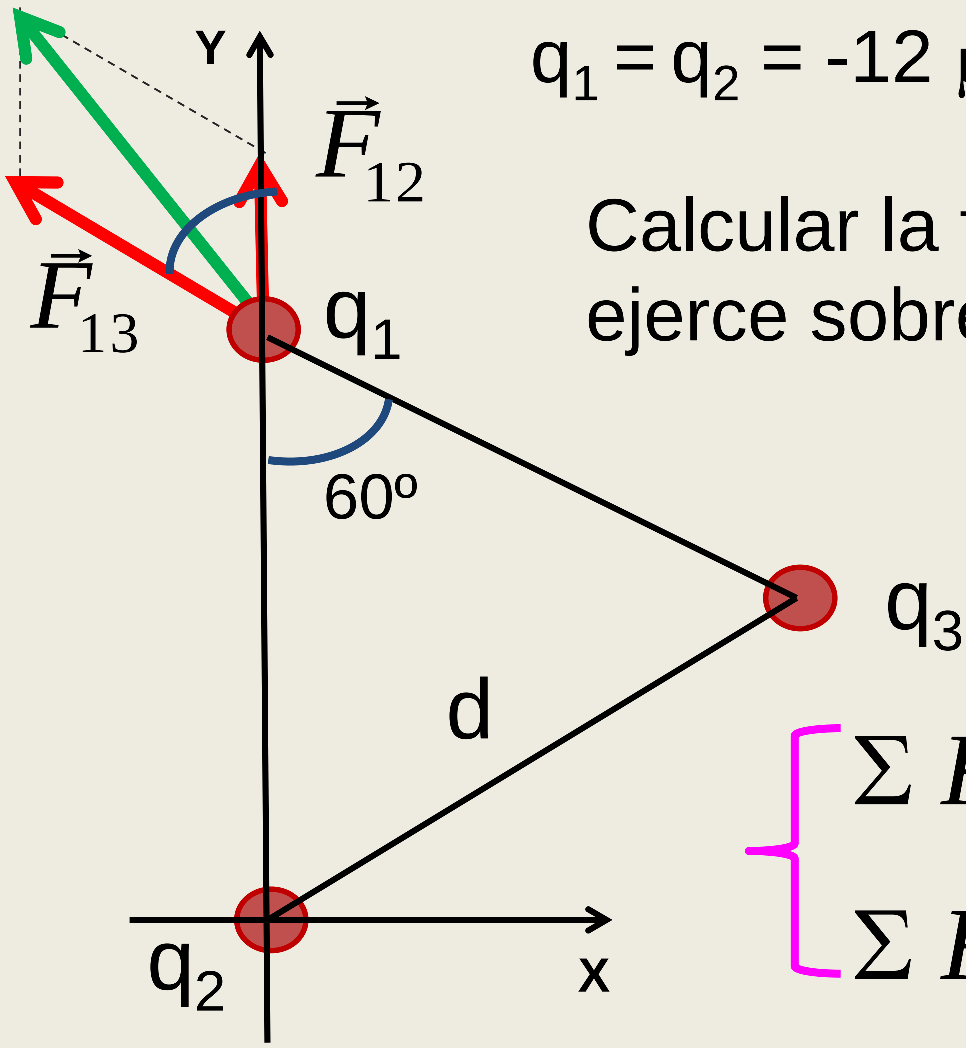


Cada carga con su signo

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1\,q_2}{d^2}\,\breve{j} = 9\;10^9\,\frac{(-12\;\,10^{-6})^2}{(0{,}01)^2}\,\breve{j} \simeq 10^4\;\breve{j}\quad [N]$$

La fuerza $\vec{F}_{12}$ es repulsiva: tiene el mismo sentido que $\breve{r}_{12} = \breve{j}$

OTRO EJEMPLO:



$q_1 = q_2$ = -12 μC; q_3 = -18 μC; d = 1 cm

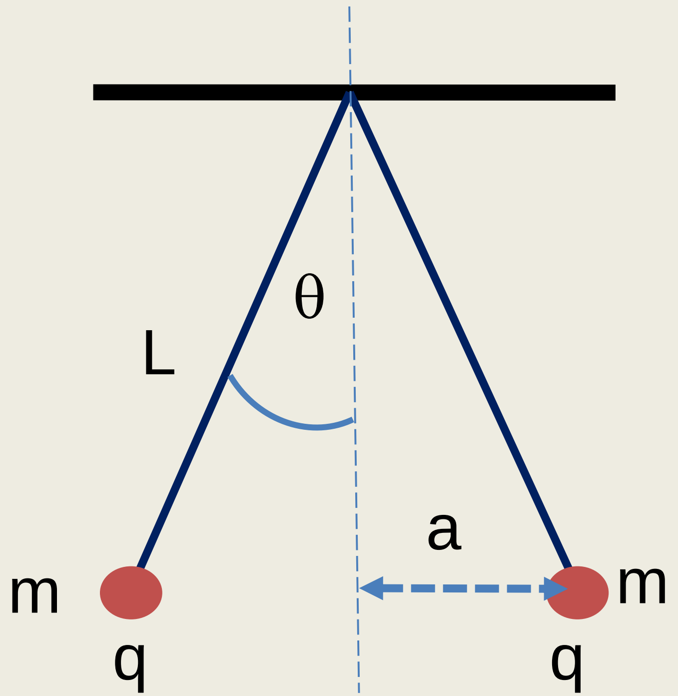
Calcular la fuerza de Coulomb que se ejerce sobre q_1 debido a q_2 y a q_3

$$\begin{cases} \Sigma F_x = -\left|F_{13}\right| sen(60) \\ \Sigma F_y = \left|F_{13}\right| \cos(60) + \left|F_{12}\right| \end{cases}$$

$$\left|\vec{F}_{12}\right| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1\,q_2}{d^2}; \qquad \left|\vec{F}_{13}\right| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1\,q_3}{d^2}$$

Ejercicio de aplicación para alumnos:

determinación de la carga de dos esferas pequeñas por el método del péndulo doble en equilibrio.

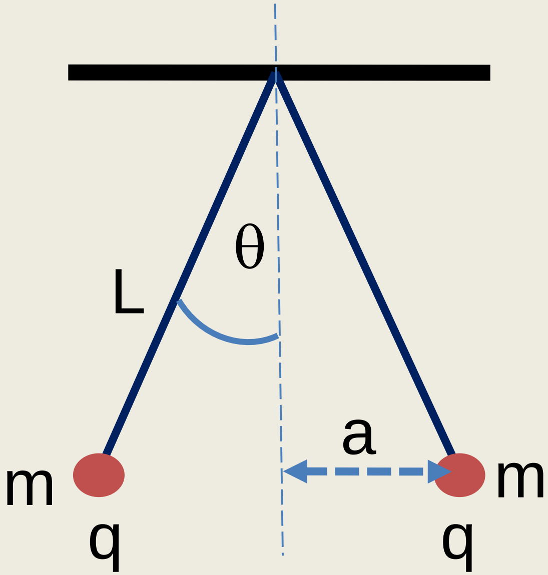


$L = 0{,}15$ m

$m = 3\ .10^{-2}$ kg

$\theta = 5^{o}$

$q = ??\ (>0)$

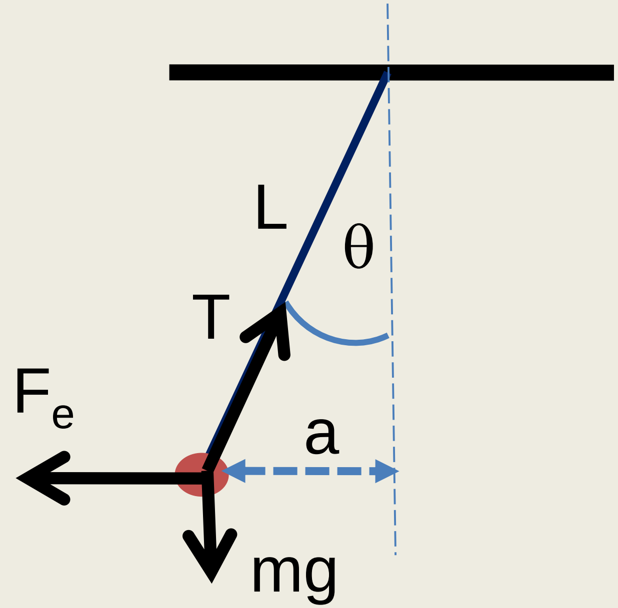


L = 0,15 m

m = 3 . 10^{-2} kg

θ = 5º

q = ?? (>0)



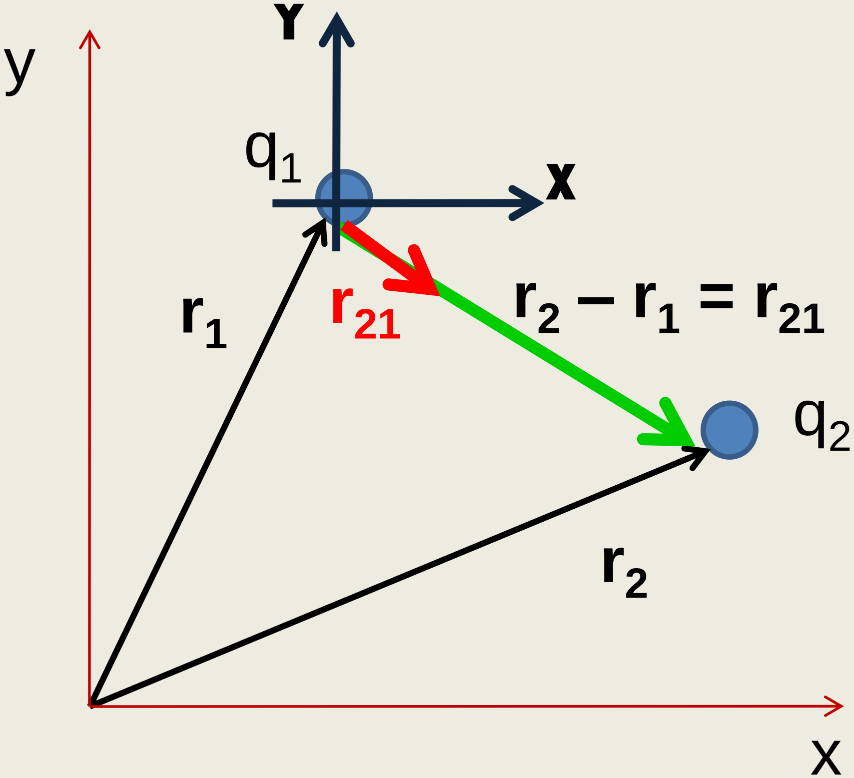
En equilibrio: $\left\{ \begin{array}{l} \sum F_x = T\,sen(\theta) - F_e = 0 \\ \sum F_y = T\cos(\theta) - m\,g = 0 \end{array} \right.$

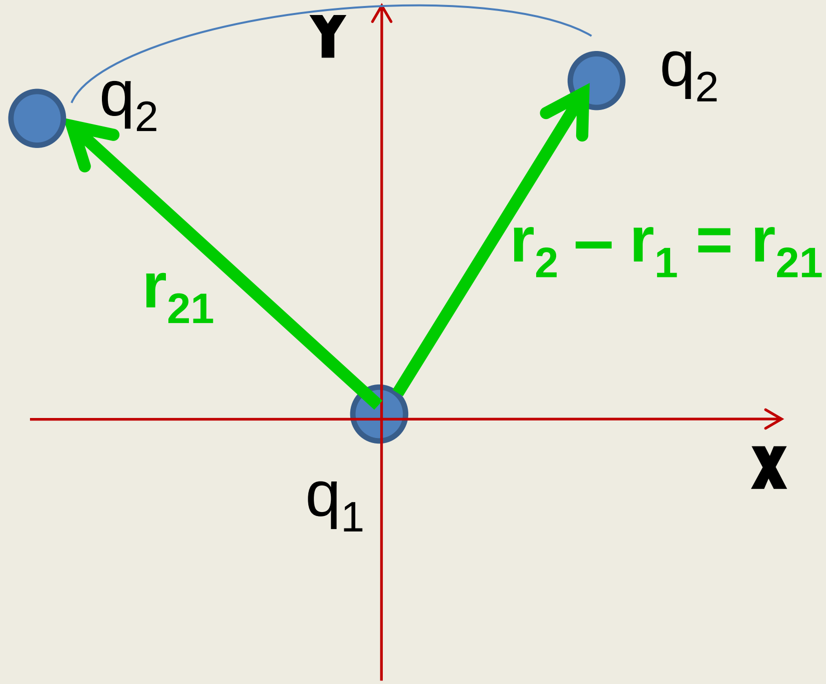
$$F_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{q^2}{(2a)^2}$$

$$a = L\,sen(\theta)$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{q^2}{4L^2\,sen^2(\theta)} = mg\ \ tg(\theta)$$

$$q = 4{,}4\ 10^{-8}\ C = 44\ \ nC$$





$$\vec{F}_{21} = k \, \frac{q_1 \, q_2}{\left| \vec{r}_{21} \right|^2} \, \breve{r}_{21}$$

La fuerza de Coulomb entre dos cargas puntuales es **esféricamente simétrica**: <u>depende del módulo de la distancia que las separa</u>

Si medimos la F_{21} en todo el espacio alrededor de q_1, podemos asignar a cada punto un vector "fuerza de Coulomb":

dirección: radial respecto de q_1

módulo: proporcional a q_1 y q_2 y a $(r_{21})^{-2}$