

# Clase 1

# Fuerza Eléctrica

Electromagnetismo y Óptica B  
Cátedra: Diego Arbó

# Un poco de historia

## Antiguos griegos (-600):

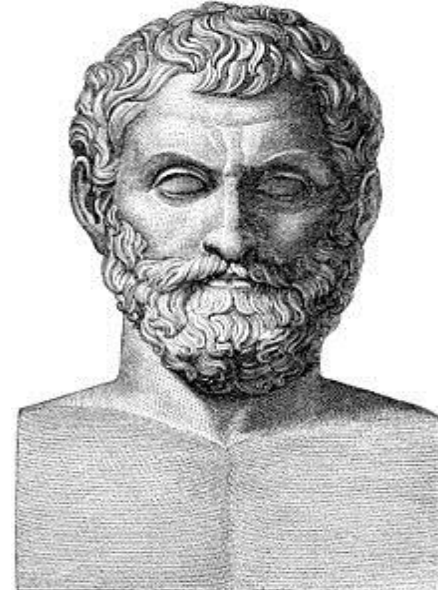
- Tales: Si se frotaba un pedazo de ámbar (*elektron* en griego) se podía levantar pequeños trozos de lana.
- Extrañas piedras de la isla de Magnesia que atraían el hierro.

**Gilbert (1600):** publicó una lista de materiales con las mismas propiedades que el ámbar.

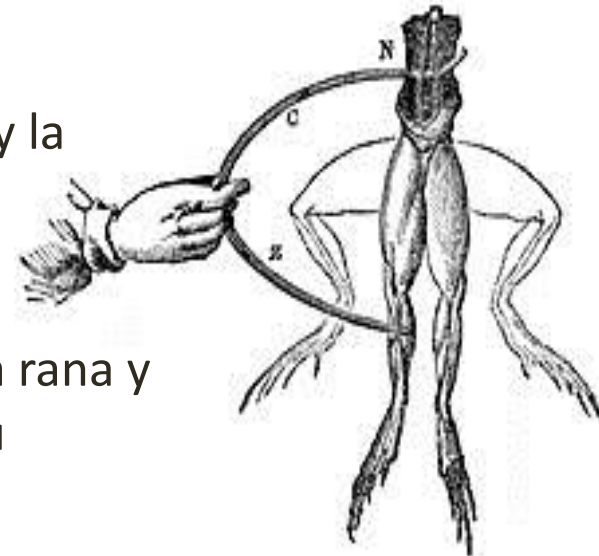
**Dufay (1733):** frotamiento da lugar a atracción y repulsión. Materiales vítreos (vidrio, lana,...) y resinosos (ámbar, seda,...). Cuerpos de la misma clase se repelen y los de clases distintas se atraen.

**Franklin (1747):** Sustancia vítrea recibe “fuego” eléctrico y la sustancia resinosa lo cede.

**Galvani (finales s. XVIII):** tocó con su bisturí la pata de una rana y ésta sufrió una pequeña descarga eléctrica y se produjo su contracción.



Tales de Mileto  
(-624 - -546)



# Principio de conservación de la carga

Franklin:

$$\Delta q_+ + \Delta q_- = 0$$

$$\Delta(q_+ + q_-) = \Delta Q = 0 \Rightarrow Q = cte$$

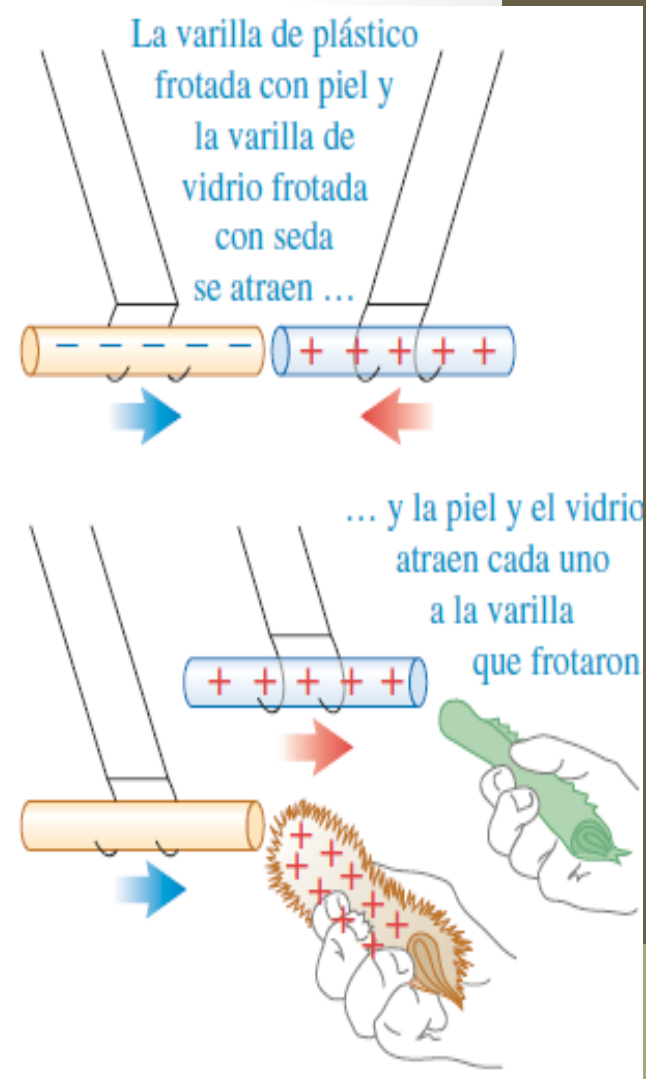
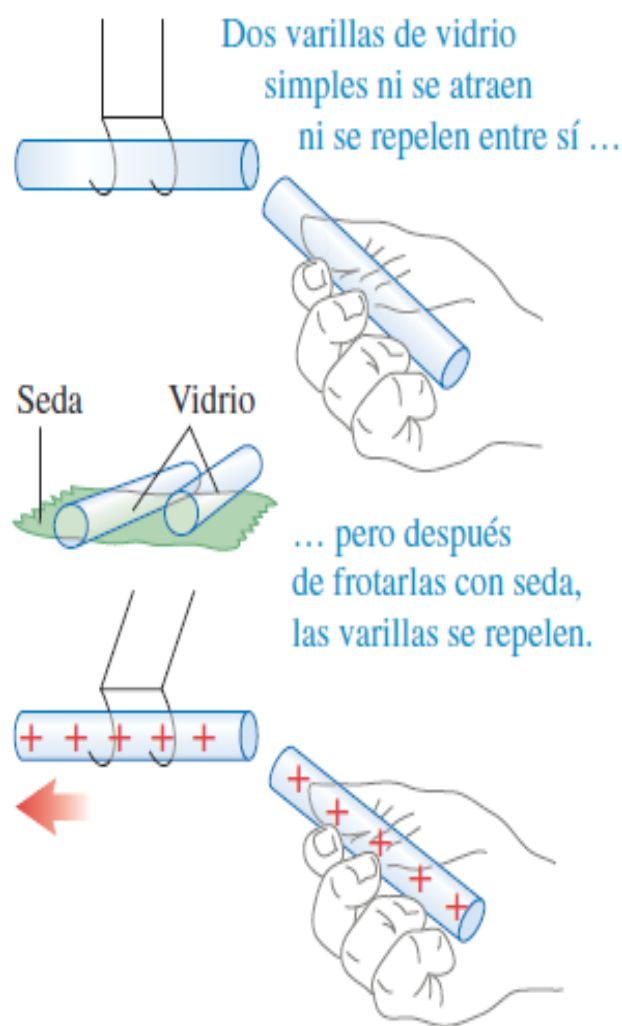
**La suma algebraica de todas las cargas eléctricas en cualquier sistema cerrado es constante.**

**La carga no se crea ni se destruye, pero se puede transferir de un cuerpo a otro.**

Los materiales **conductores** permiten el movimiento de cargas a través de ellos: metales.

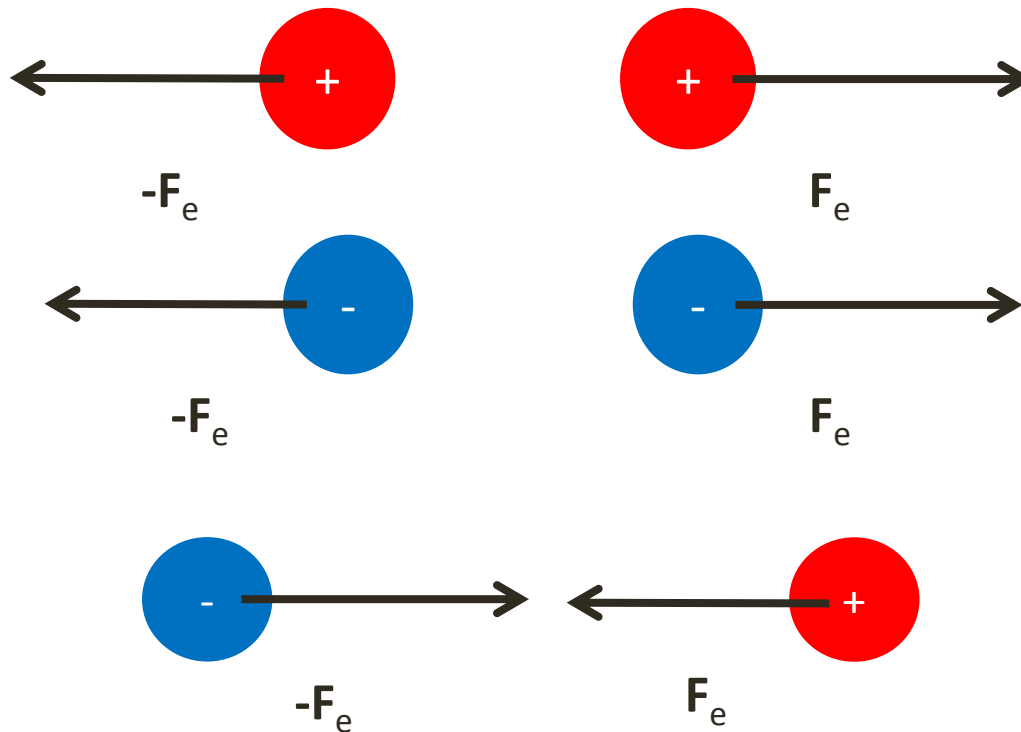
Los materiales **aislantes** no permiten el movimiento de cargas a través de ellos: no metales.

# Electrización por frotamiento



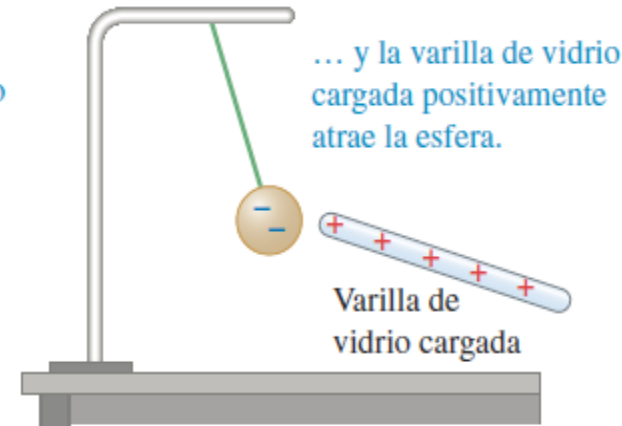
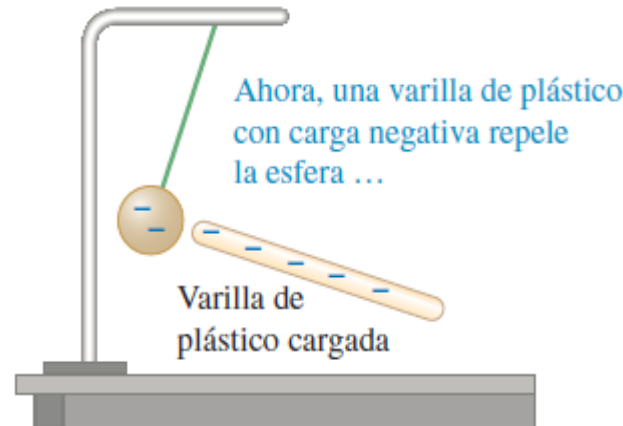
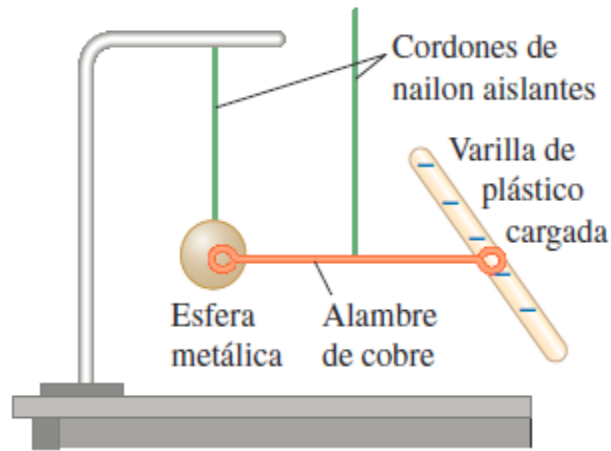
Los experimentos muestran que hay dos clases de carga eléctrica:  
**positiva** y **negativa**.

Dos cargas positivas se repelen entre sí, al igual que dos cargas negativas. Una carga positiva y una negativa se atraen.



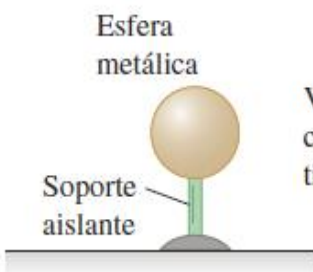
Nunca se ha visto que tres cargas se atraigan entre sí

# Electrización por conducción

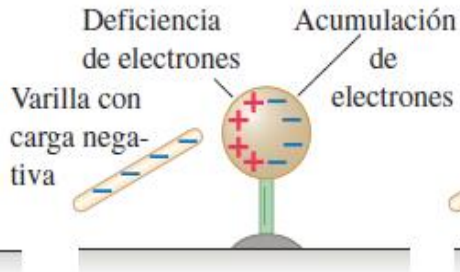


El alambre conduce carga de la varilla de plástico cargada negativamente a la esfera de metal.

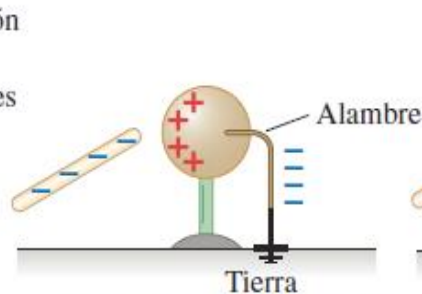
# Electrización por inducción



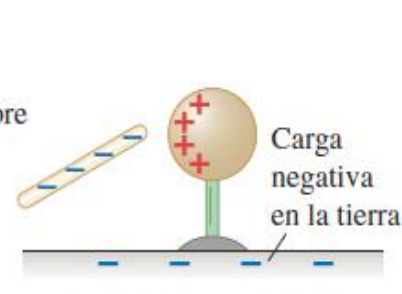
a) Esfera metálica sin carga.



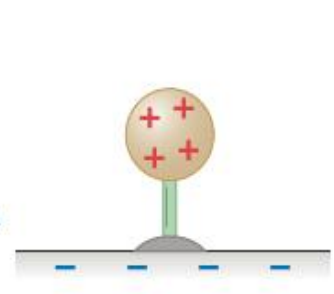
b) La carga negativa en la varilla repele a los electrones, lo que crea zonas de **carga inducida** negativa y positiva.



c) El alambre permite que los electrones acumulados (carga negativa inducida) fluyan hacia la tierra.



d) Se quita el conductor; ahora, la esfera tiene sólo una región con deficiencia de electrones, con carga positiva.



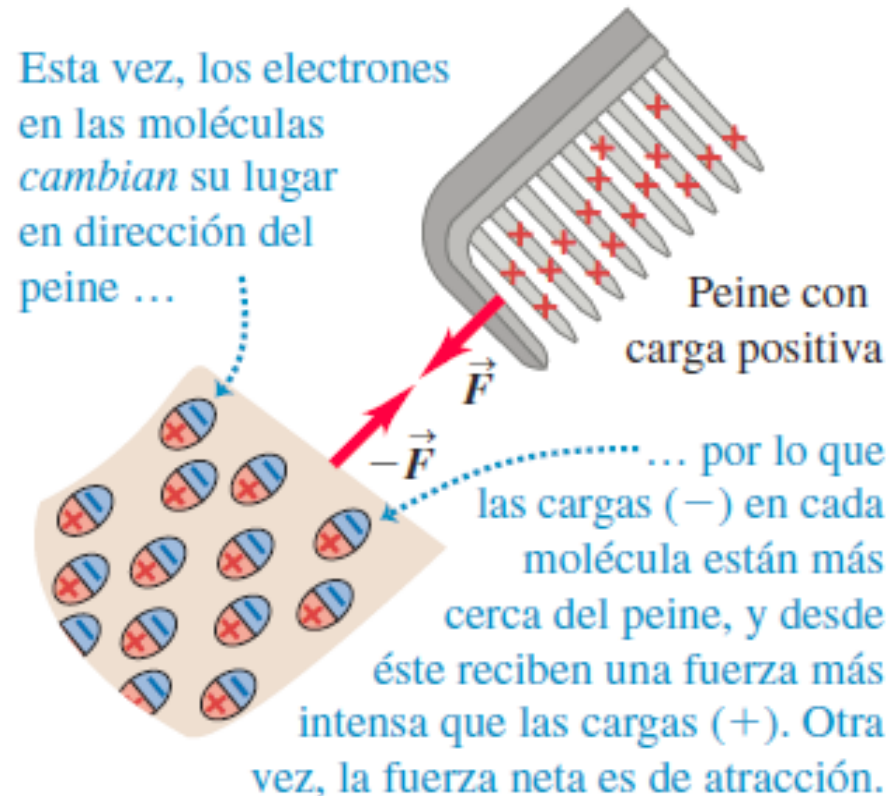
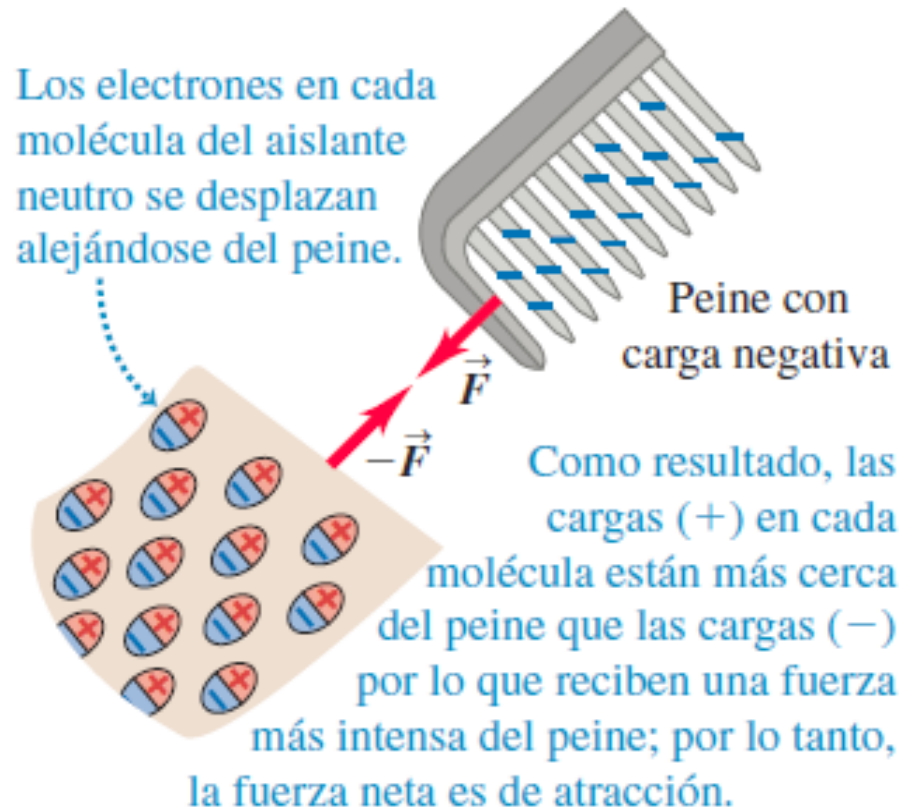
e) Se quita la varilla; los electrones se reacomodan por sí solos, y toda la esfera tiene una deficiencia de electrones (carga neta positiva).

# Fuerzas eléctricas de cuerpos no cargados

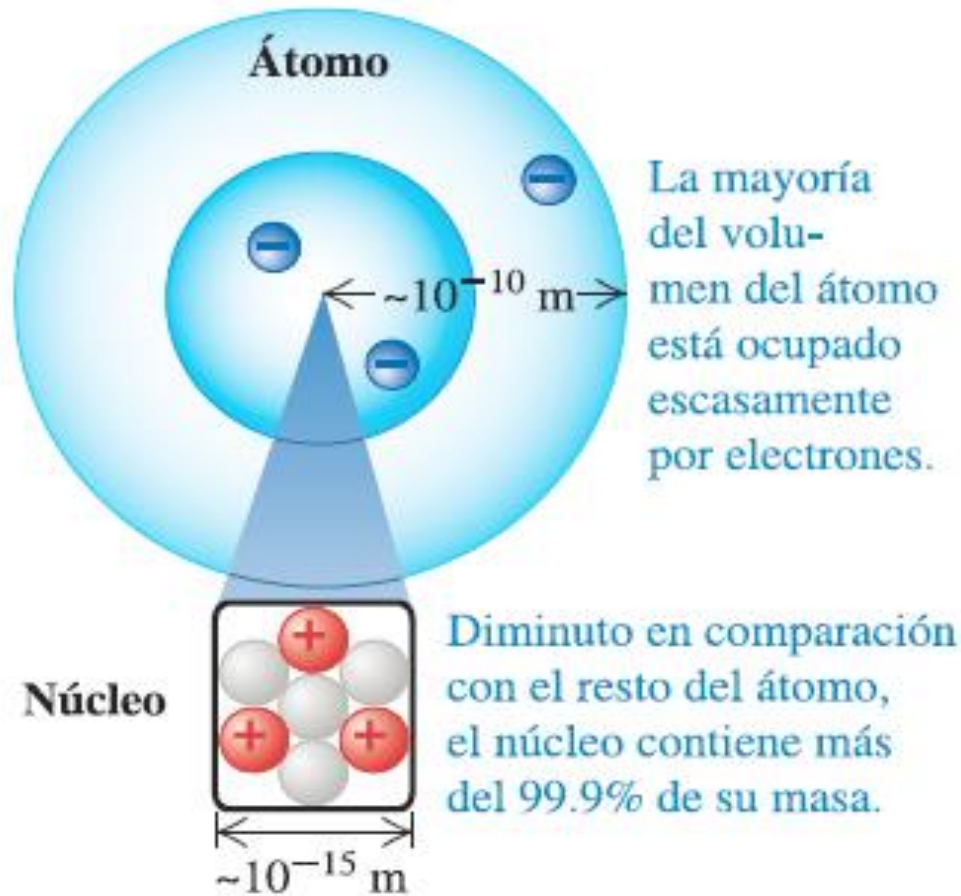


Un peine cargado levanta trocitos de plástico sin carga.

Las cargas dentro de las moléculas de un material aislante se intercambian un poco. Como resultado, un peine con carga de cualquier signo atrae a un material aislante neutro. Según la tercera ley de Newton, el aislante neutro ejerce una fuerza de atracción de igual magnitud sobre el peine.



## La estructura atómica.



El átomo de litio

La magnitud de la carga del electrón o del protón es la unidad natural de carga.

$$e = 1.60217653(14) \times 10^{-19} \text{ C}$$

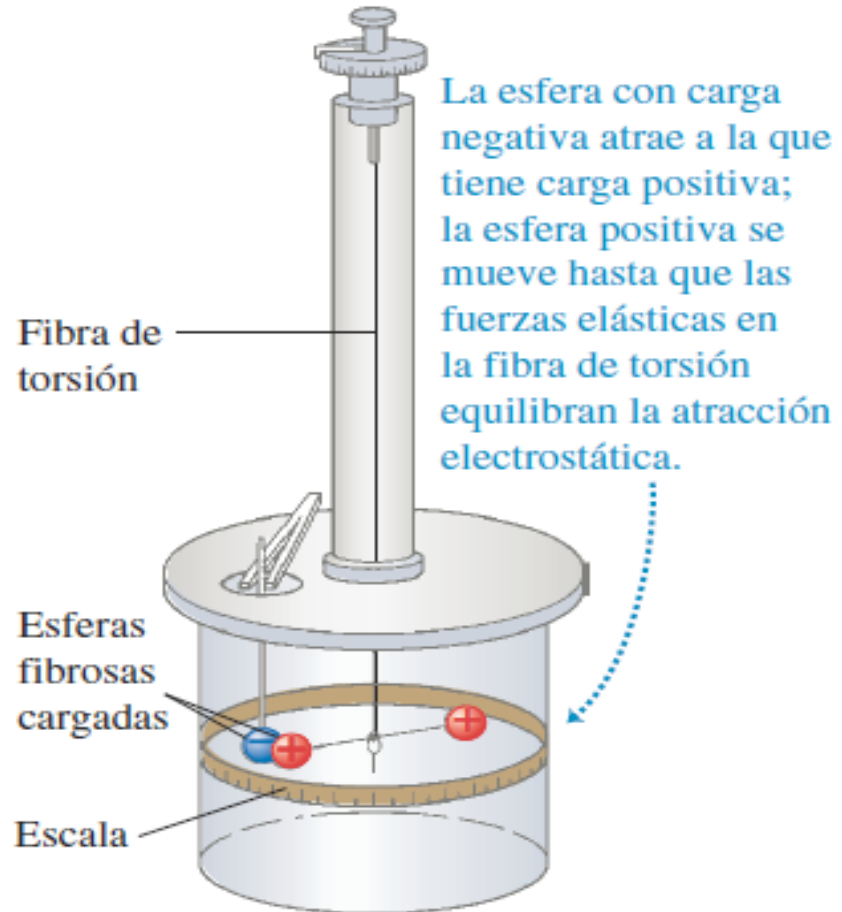


# Ley de Coulomb (1784)

Balanza de torsión del tipo utilizado por Coulomb para medir la fuerza eléctrica

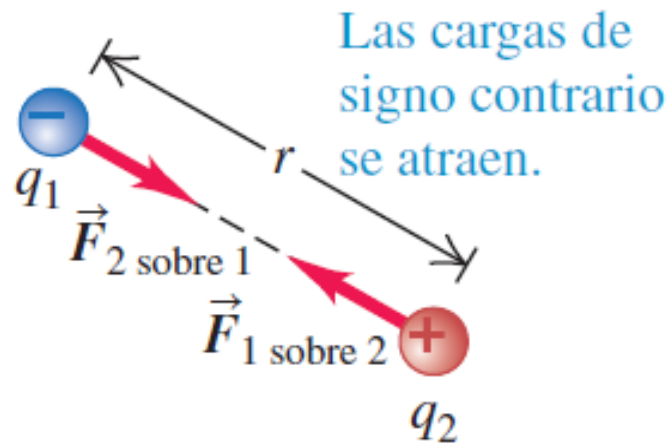
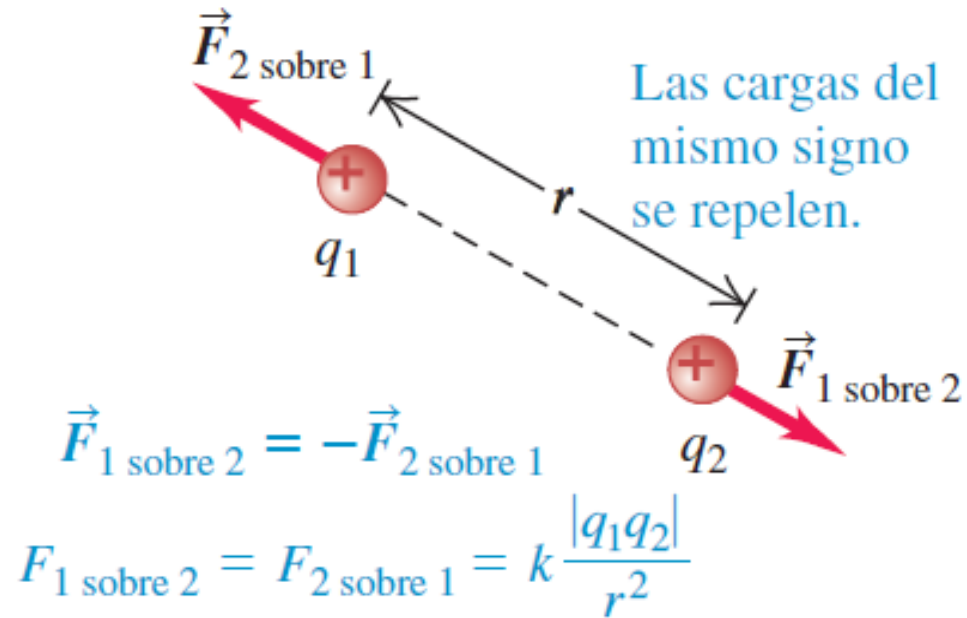


Charles-Augustin  
de Coulomb  
(1736-1806)



**La magnitud de la fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales es directamente proporcional al producto de las cargas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.**

## Interacciones entre cargas puntuales

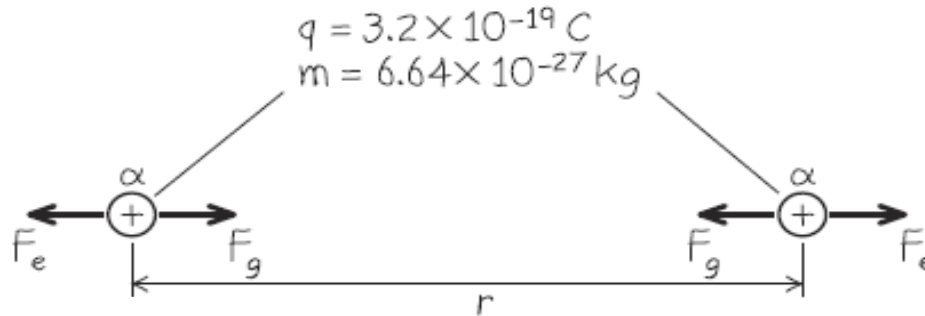


$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = k = 8.988 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$$

## Comparación de fuerzas eléctrica y gravitatoria

Una partícula  $\alpha$  (“alfa”) es el núcleo de un átomo de helio. Tiene una masa de  $m = 6.64 \times 10^{-27}$  kg y una carga de  $q = +2e = 3.2 \times 10^{-19}$  C. Compare la fuerza de la repulsión eléctrica entre dos partículas  $\alpha$  con la fuerza de la atracción gravitatoria que hay entre ellas.



$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2}$$

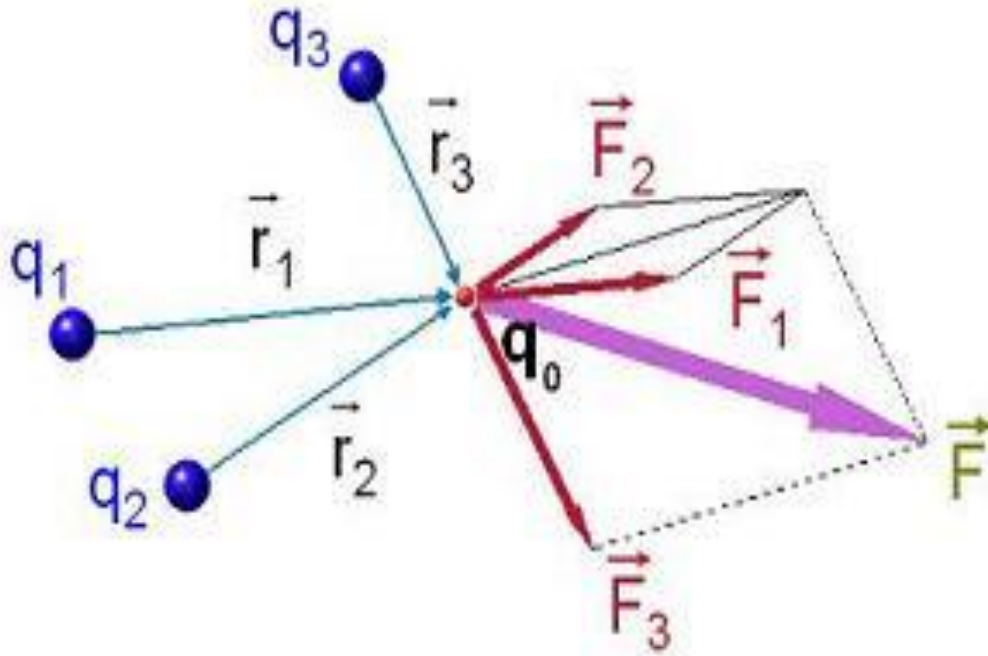
$$F_g = G \frac{m^2}{r^2}$$

$$\begin{aligned} \frac{F_e}{F_g} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0 G} \frac{q^2}{m^2} = \frac{9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2}{6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2} \frac{(3.2 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{(6.64 \times 10^{-27} \text{ kg})^2} \\ &= 3.1 \times 10^{35} \end{aligned}$$

- Este resultado no depende de la distancia  $r$  entre las dos partículas.
- Para interacciones de partículas atómicas y subatómicas la fuerza gravitatoria es despreciable por completo en comparación con la fuerza eléctrica.
- Para objetos macroscópicos, las cargas positiva y negativa son de magnitud casi igual  
→ la fuerza eléctrica neta por lo general es mucho *menor* que la gravitatoria.

# Principio de Superposición de fuerzas

En un sistema de muchas cargas, la fuerza total sobre una carga de prueba es la suma de todas las fuerzas de las demás cargas sobre la misma



$$\vec{F}_{total} = \vec{F}_{q_0q_1} + \vec{F}_{q_0q_2} + \dots + \vec{F}_{q_0q_n} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_{q_0q_i} = \sum_{i=1}^n k \frac{q_0 q_i}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3} (\vec{r} - \vec{r}_i)$$

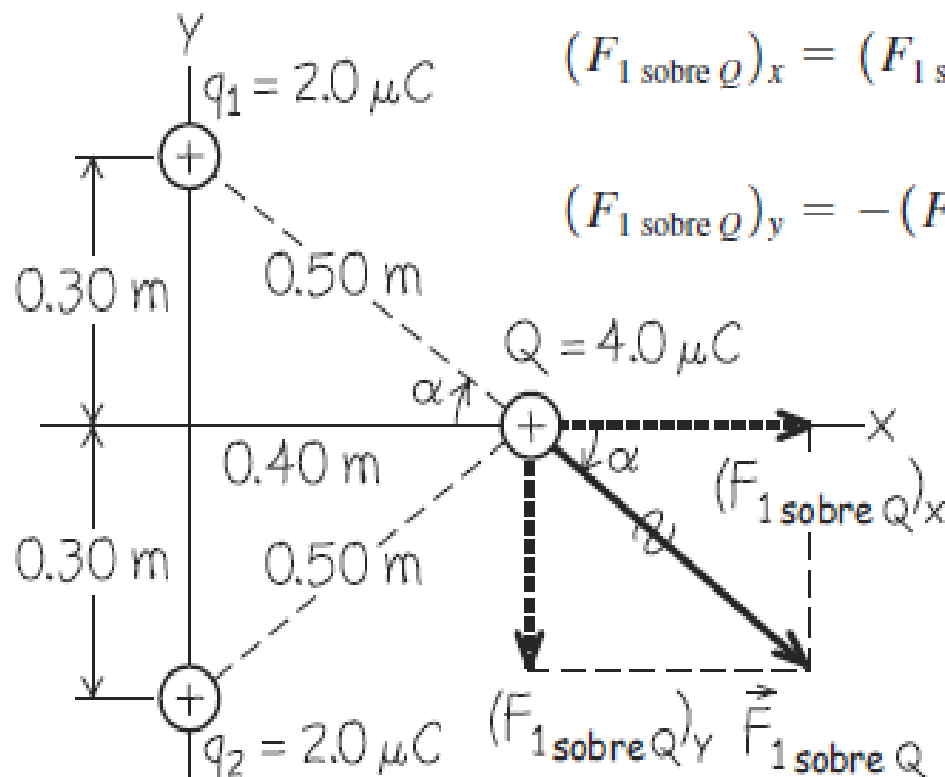
## Ejemplo: Adición vectorial de fuerzas eléctricas en el plano

Dos cargas puntuales iguales y positivas,  $q_1 = q_2 = 2.0 \mu\text{C}$  se localizan en  $x = 0, y = 0.30 \text{ m}$  y  $x = 0, y = -0.30 \text{ m}$ , respectivamente. ¿Cuáles son la magnitud y la dirección de la fuerza eléctrica total (neta) que ejercen estas cargas sobre una tercera carga, también puntual,  $Q = 4.0 \mu\text{C}$  en  $x = 0.40 \text{ m}, y = 0$ ?

$$F_{1 \text{ sobre } Q} = (9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2) \frac{(4.0 \times 10^{-6} \text{ C})(2.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.50 \text{ m})^2} = 0.29 \text{ N}$$

$$(F_{1 \text{ sobre } Q})_x = (F_{1 \text{ sobre } Q}) \cos \alpha = (0.29 \text{ N}) \frac{0.40 \text{ m}}{0.50 \text{ m}} = 0.23 \text{ N}$$

$$(F_{1 \text{ sobre } Q})_y = -(F_{1 \text{ sobre } Q}) \sin \alpha = -(0.29 \text{ N}) \frac{0.30 \text{ m}}{0.50 \text{ m}} = -0.17 \text{ N}$$



$$F_x = 0.23 \text{ N} + 0.23 \text{ N} = 0.46 \text{ N}$$

$$F_y = -0.17 \text{ N} + 0.17 \text{ N} = 0$$