



Física II

Ing. Gelacio Pozo Pino

Electrostática I

Electrostática

Cargas eléctricas

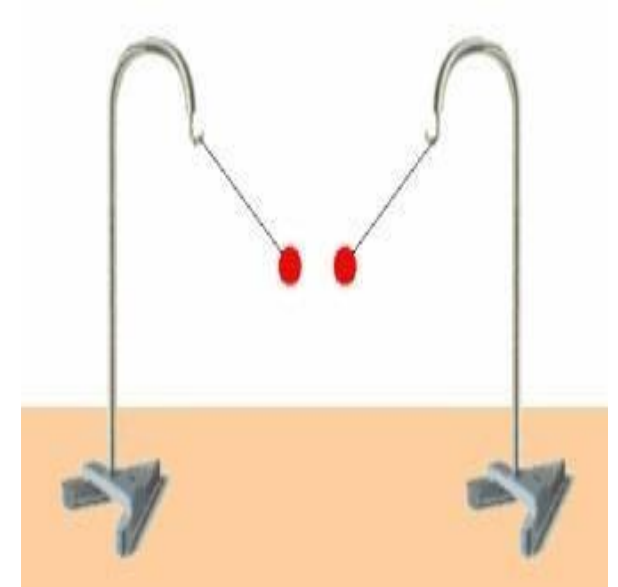


Electrostática

La electrostática es parte de la física que estudia la electricidad estática de la materia

Fenómenos asociados a las cargas eléctricas.

Estudia la medida de la carga eléctrica o cantidad de electricidad presente en los cuerpos.



Carga eléctrica

La carga eléctrica es la masa de electricidad ganada o perdida (*masa de electrones ganada o cedida*) por un cuerpo cualquiera.

En el S.I. La unidad de carga es el culombio (C) que se define como la cantidad de carga que fluye por un punto de un conductor en un segundo cuando la corriente en el mismo es de 1 A.

Existen dos tipos de cargas eléctricas: las positivas y las negativas.

Mínima carga posible= carga del electrón

$$|e| = 1.602177 \times 10^{-19} \text{ C}$$

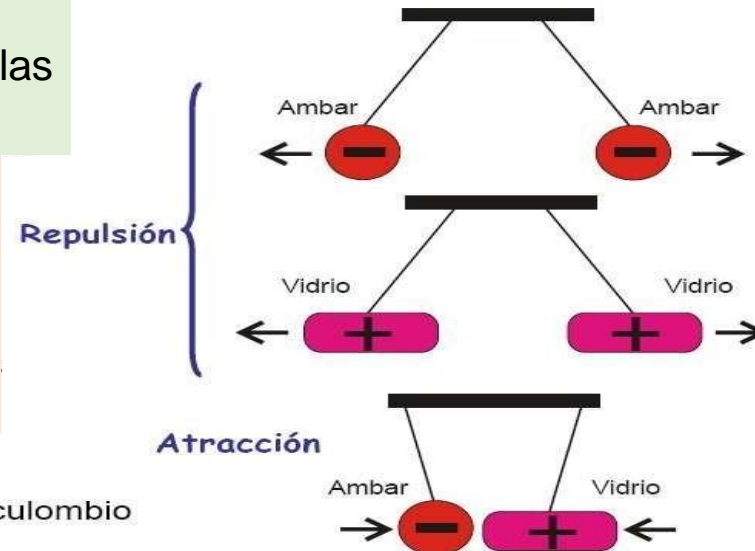
Es una magnitud fundamental de la física y es el responsable de la interacción electromagnética.

Submúltiplos del Culombio

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

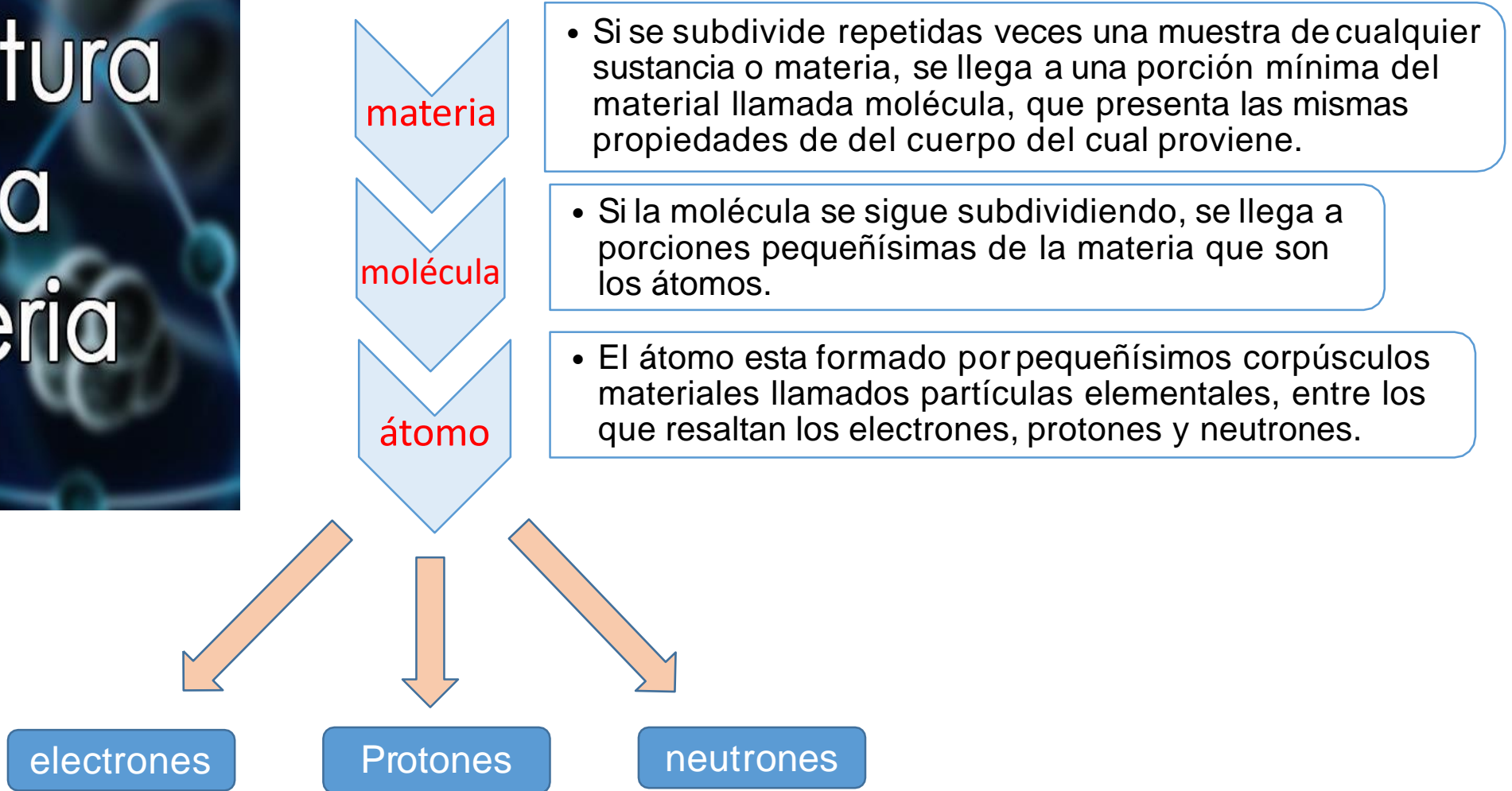
$$1 \text{ } \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C} = \text{microculombio}$$

$$1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C} = \text{miliculombio}$$





La materia esta formada por partículas elementales como el electrón y otras compuestas como el protón y el neutrón.



Interacción Eléctrica

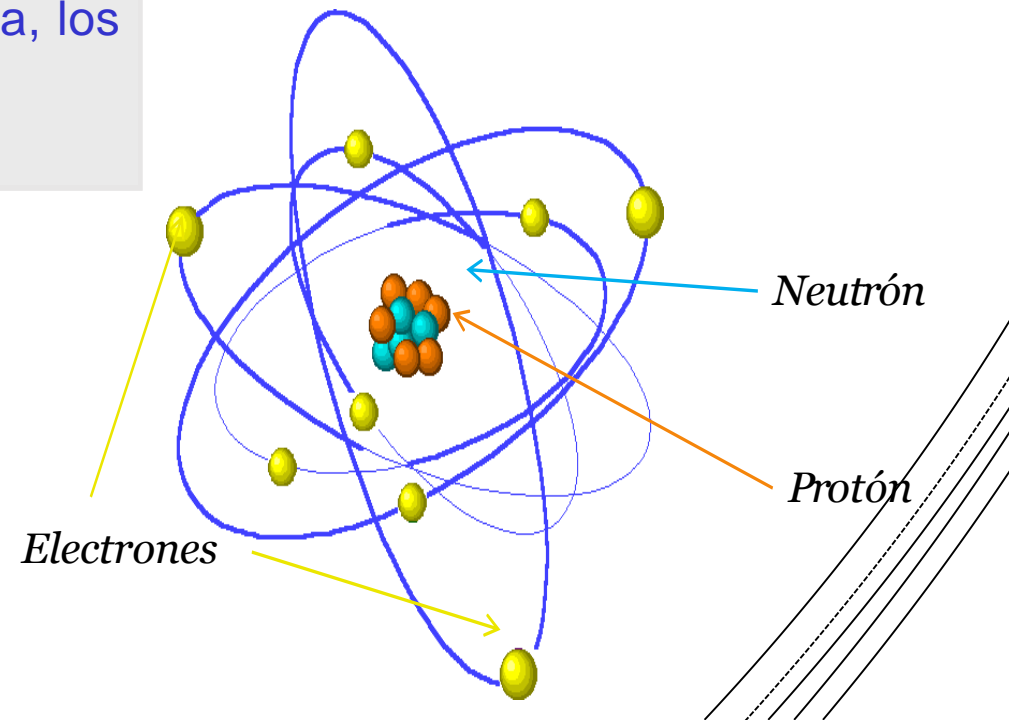
El átomo y sus partículas

En 1913 Niels Bohr propuso tomando como base el de Rutherford un nuevo modelo atómico, según el cual los **electrones** giran alrededor del núcleo en unos niveles bien definidos. El núcleo contiene partículas con carga positiva, los **protones**, y partículas sin carga eléctrica, los **neutrones**.

La corteza es la parte exterior del átomo. En ella se encuentran los **electrones**, con carga negativa. Éstos, ordenados en distintos niveles, giran alrededor del núcleo.

En la periferia hay tantos electrones como protones hay en el núcleo del átomo, de modo que el átomo es una entidad eléctricamente neutra.

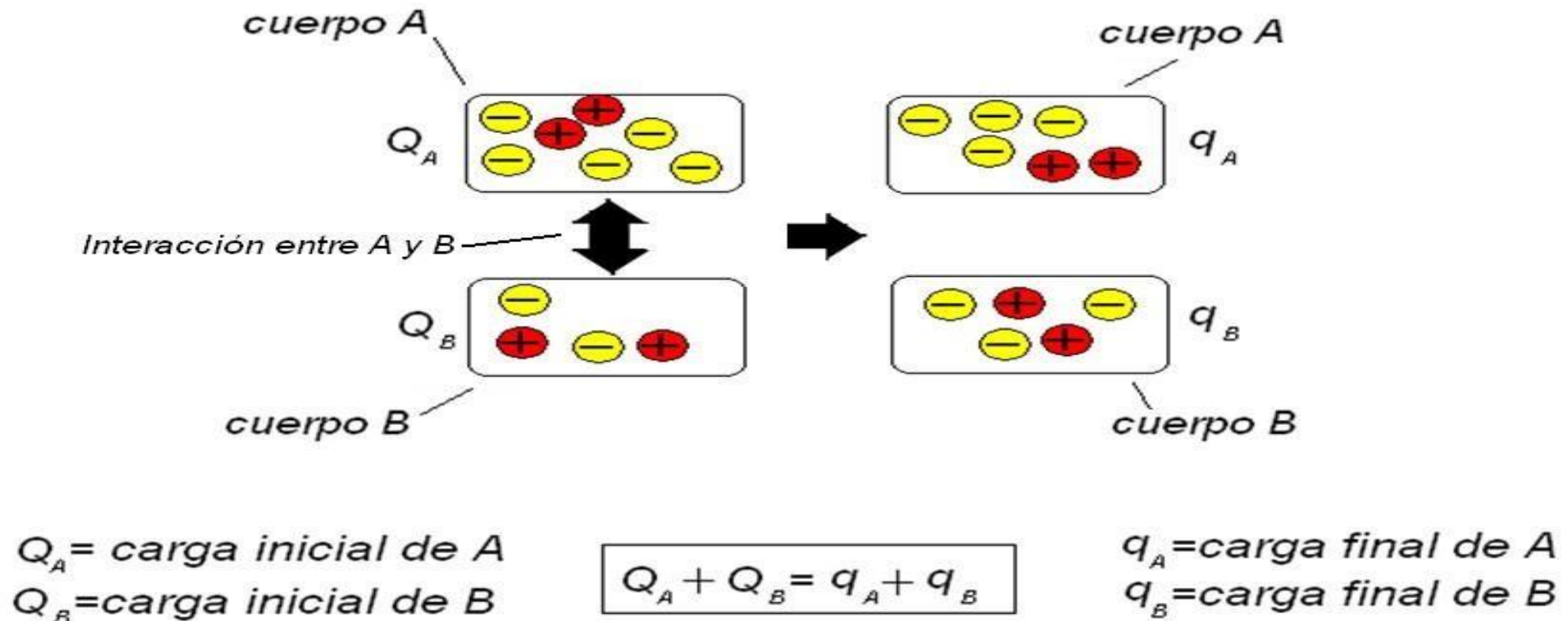
Partícula	Masa (kg)	Carga (C)
electrón	9.10×10^{-31}	-1.6×10^{-19}
protón	1.67×10^{-27}	$+1.6 \times 10^{-19}$
neutrón	1.67×10^{-27}	0



La masa del protón es aproximadamente 1840 veces que la del electrón.

Ley de conservación de la carga

En todo proceso la carga eléctrica se conserva; es decir, las cargas no se crean ni se destruyen, solo se transfieren y todas las cargas que había al inicio, deben estar al final.



Cuantización de la carga

Cualquier carga eléctrica, está hecha de múltiplos enteros de una cierta carga eléctrica mínima, esta carga fundamental es la del electrón.

$$q = ne$$

donde q : carga eléctrica cualquiera

n : numero entero

$e = 1.6025 \times 10^{-19} \text{C.}$ (carga eléctrica del electrón)

Coulomb: $1 \text{ C} = 6.25 \times 10^{18}$ electrones

La carga eléctrica no existe en forma continua, sino en paquetes o cuantos.

Electrización de un cuerpo

Existen tres formas de cargar eléctricamente un cuerpo:

1. Frotamiento (fricción)
2. Contacto
3. Inducción

1) Carga por frotamiento o fricción.

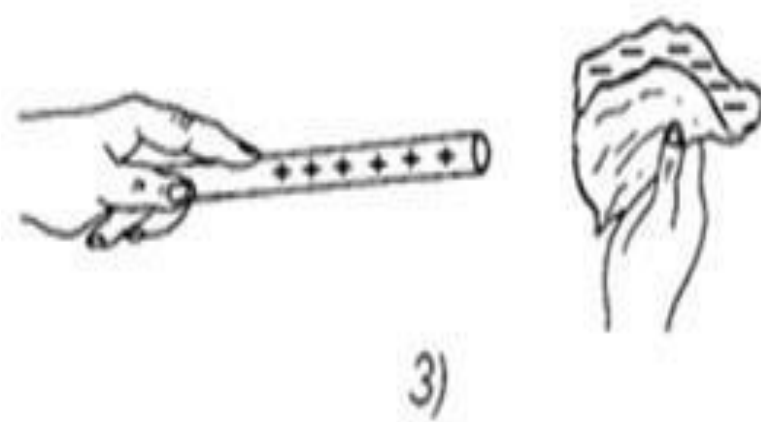
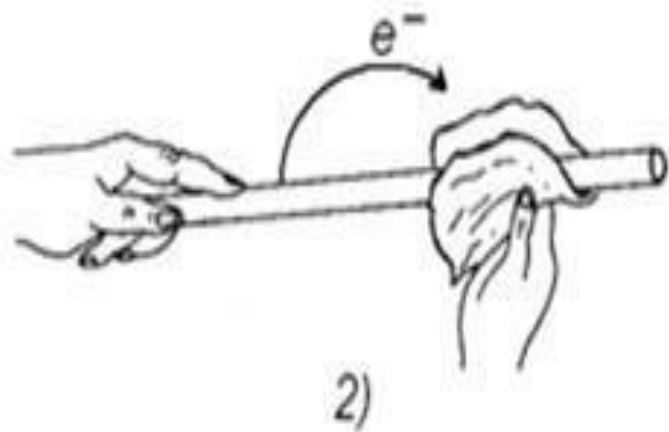
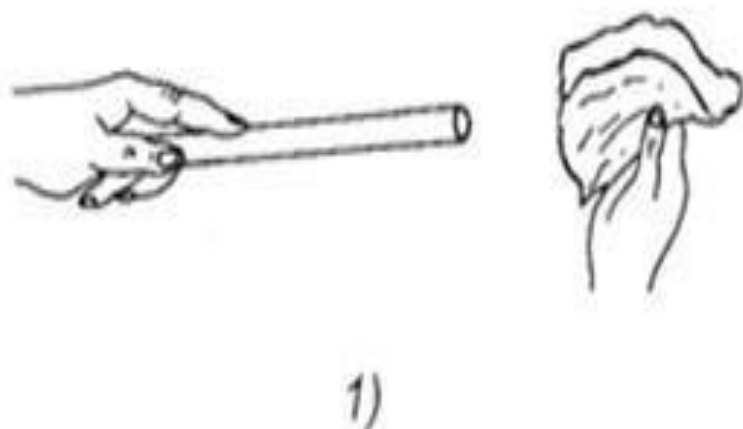
Condiciones iniciales: **Dos cuerpos**, de distinto material e inicialmente **neutros**, se frotan traspasando uno de ellos electrones (cargas) al otro.

Condición final: Ambos cuerpos **terminan con igual cantidad de carga, pero de signo opuesto.**

Dos cuerpos (neutros)

Al frotarlos, uno cede cargas al otro

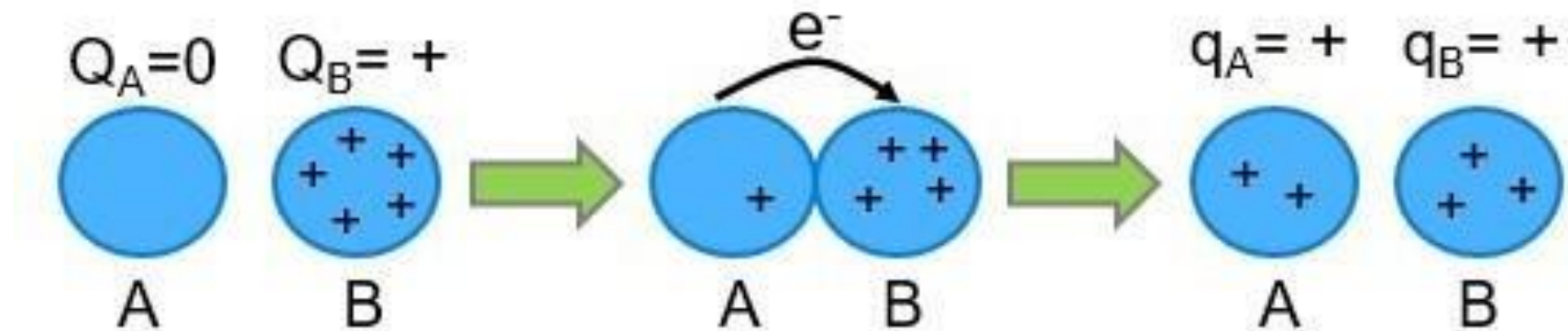
Ambos terminan cargados



2) Carga por contacto

Condiciones iniciales: **Dos cuerpos, uno neutro y otro cargado**, se ponen en contacto y luego se separan.

Condición final: uno de los cuerpos cede electrones al otro, terminando **ambos con carga del mismo signo**.

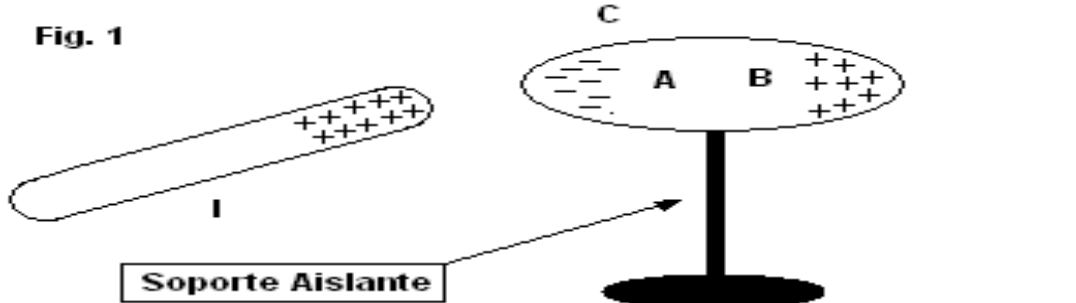


3) Carga por inducción

Condiciones iniciales: **Dos cuerpos, uno neutro (llamado inducido) y otro cargado (llamado inductor) se acercan sin tocarse.**

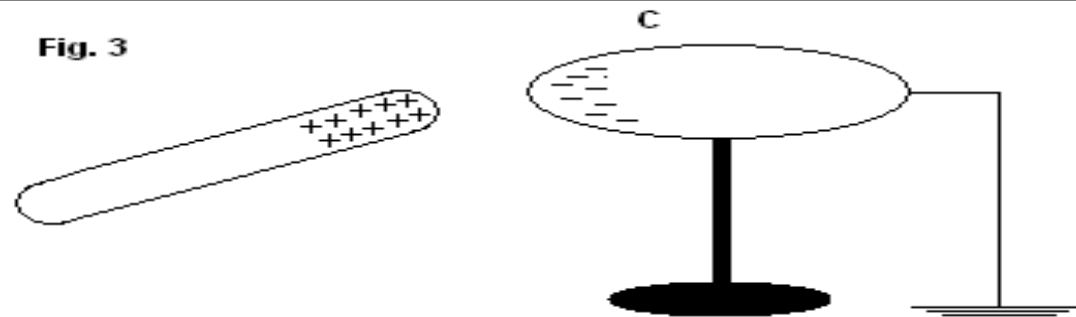
Condición final: Durante el proceso el **cuerpo inducido se polariza**; sin embargo, permanece en estado neutro. Al polarizarse, **el cuerpo inducido puede ser eléctricamente cargado si es “conectado a tierra”**.

Fig. 1



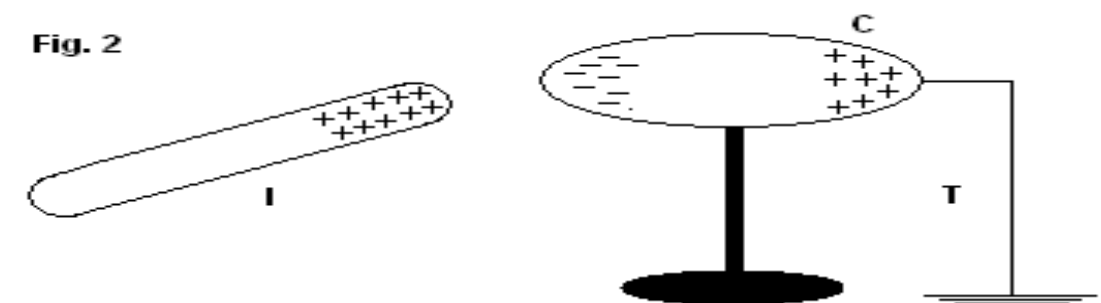
Si se acerca un inductor I, con carga positiva, a un conductor C en estado neutro, aparecen las cargas inducidas A y B.

Fig. 3



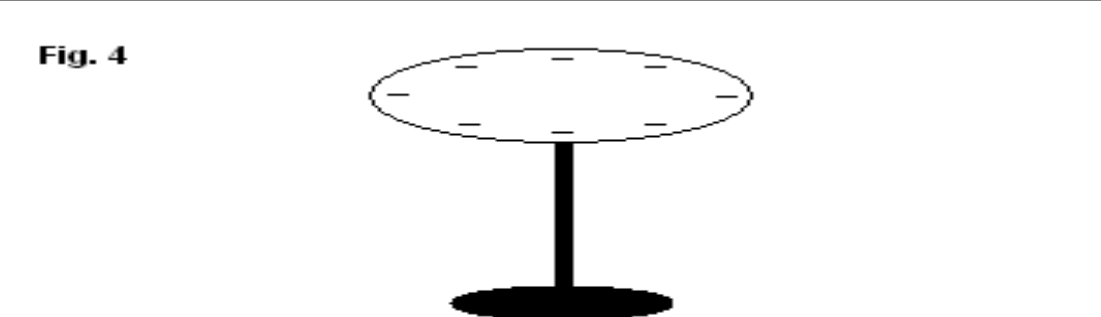
Hay, así, un flujo de electrones libres hacia C que anula la carga positiva inducida y produce un exceso de carga negativa.

Fig. 2



Manteniendo el inductor I fijo, se efectúa una conexión T a tierra. (Esto se puede hacer tocando C).

Fig. 4

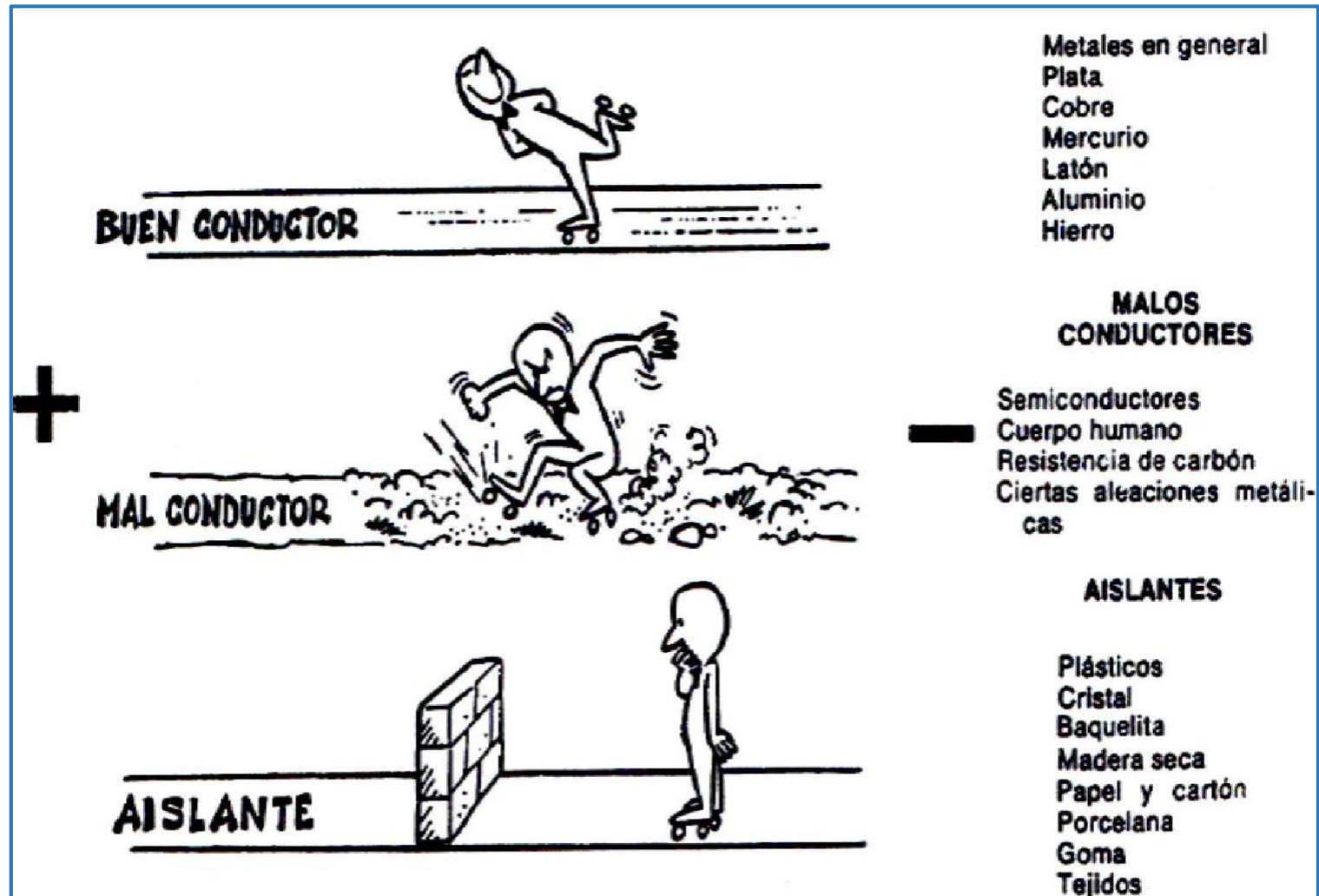


Al eliminar la conexión a tierra y retirar el inductor, el exceso de electrones se redistribuye por el cuerpo.

Conductores y aislantes

Conductores	Aislantes	Semiconductores	Semiconductores
Definición	Materiales que permiten el movimiento de cargas eléctricas.	Materiales que impiden el pasode cargas eléctricas.	Materiales que pueden permitir e impedir el paso de la energía eléctrica.
Funciones	Conducir la electricidad de un punto a otro.	Proteger las corrientes eléctricas del contacto con las personas y con otras corrientes.	Conducir electricidad, solo bajo condiciones específicas y en un sentido.
Materiales	Oro, plata, cobre, metales, hierro, mercurio, plomo, entre otros.	Goma, cerámica, plástico, madera, entre otros.	Silicio, germanio, azufre, entre otros.

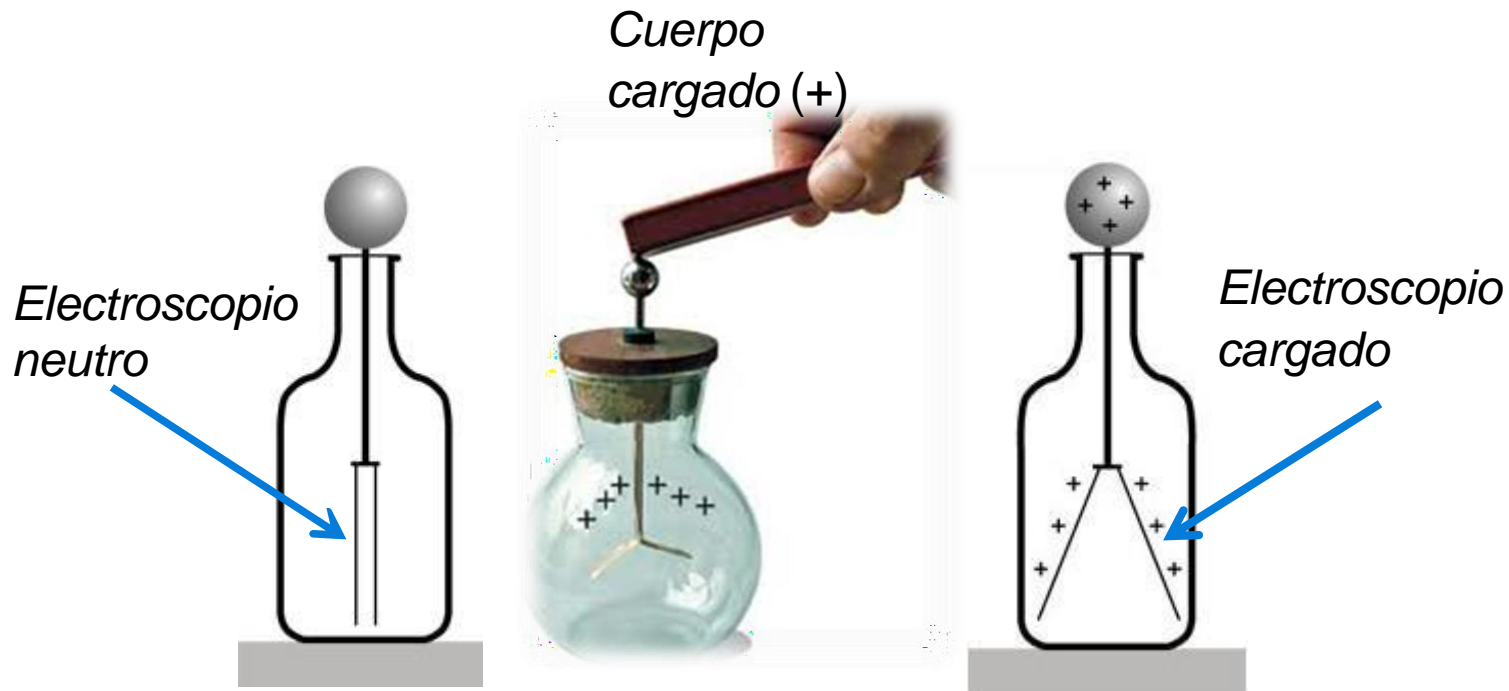
Conductores y aislantes o dieléctricos



¿Cómo demostramos la existencia de las cargas eléctricas y su medida?

Electroscopio

Aparato que se usa para estudiar la existencia de dos tipos de carga eléctrica.



El electrómetro

Aparato que mide la carga eléctrica.



Ley de coulomb



Agustín de Coulomb
1785

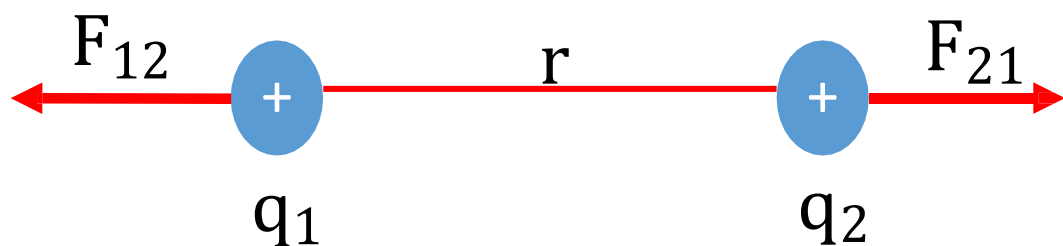
Ley de Coulomb

La interacción eléctrica entre dos partículas cargadas se describe en función de las fuerzas que ejercen una sobre la otra.

- La ley de Coulomb establece:

“La fuerza de atracción o repulsión de dos cargas puntuales es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa”.

$$F_{12} = F_{21} = k_c \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$



donde:

F_{12} : módulo de la fuerza sobre la carga 1 debido a la carga 2

F_{21} : módulo de la fuerza sobre la carga 2 debido a la carga 1

q_1 : magnitud de la carga 1

q_2 : magnitud de la carga 2

r : distancia entre las cargas 1 y 2

K_c : constante de Coulomb

Ley de Coulomb

K_c : constante de Coulomb

$$K_c = 8,9875 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

también $K_c = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$$\epsilon_0 = 8,8542 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

Es la permitividad del espacio libre



Valores de K (N m ² / C ²)	
Vacío	9.10 ⁹
Vidrio	1,29.10 ⁹
Glicerina	1,61.10 ⁸
Agua	1,11.10 ⁸

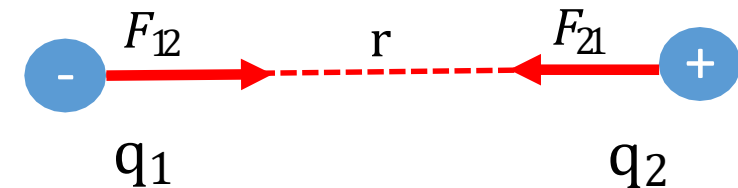
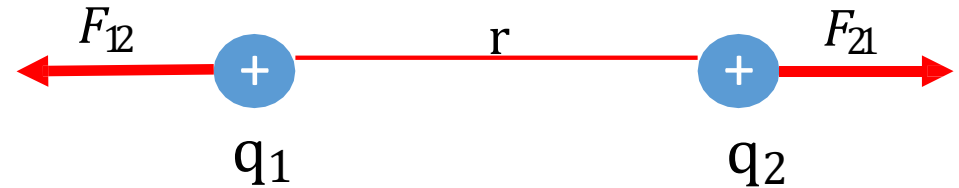
La fuerza es una cantidad vectorial

La fuerza eléctrica ejercida sobre la carga q_1 debido a la carga q_2 , se expresa de la siguiente forma:

$$F_{12} = k_c \frac{|q_1||q_2|}{r^2} r_{12}$$

r_{12} : es un vector unitario dirigido de q_1 a q_2

$F_{12} = -F_{21}$ debido a que la Ley de Coulomb obedece a la tercera ley de Newton.

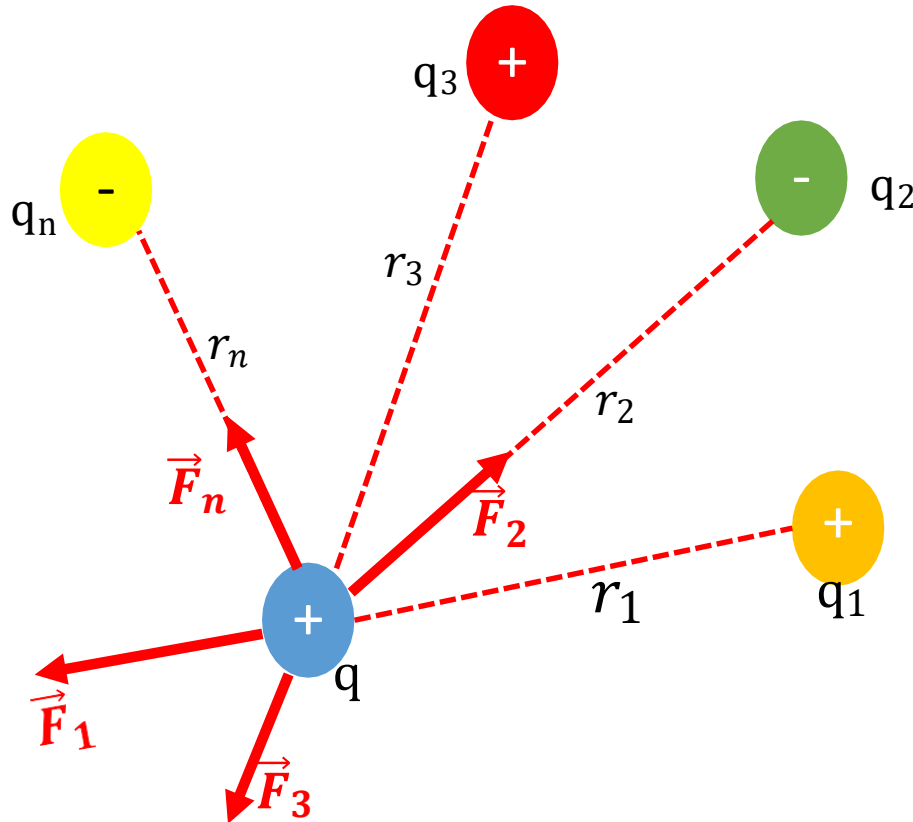


si q_1 y q_2 tienen el mismo signo \longrightarrow la fuerza es de **repulsión**.

si q_1 y q_2 tienen diferente signo \longrightarrow la fuerza es de **atracción**.

Principio de superposición

Se ha comprobado también experimentalmente que las fuerzas eléctricas se comportan de forma aditiva: “la fuerza eléctrica sobre una carga q , debida a un conjunto de cargas $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$, es igual a la suma vectorial de las fuerzas F_i , que cada carga q_i , ejerce separadamente sobre la carga q ”



$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$

Ejemplos:

1. Dos cargas puntuales $q_1 = 4 \times 10^{-6} \text{ C}$ y $q_2 = -8 \times 10^{-6} \text{ C}$, están separadas 4 m, determinar la fuerza eléctrica con que se atraen.

Se tiene:

$$q_1 = 4 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_2 = -8 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$r = 4 \text{ m}$$

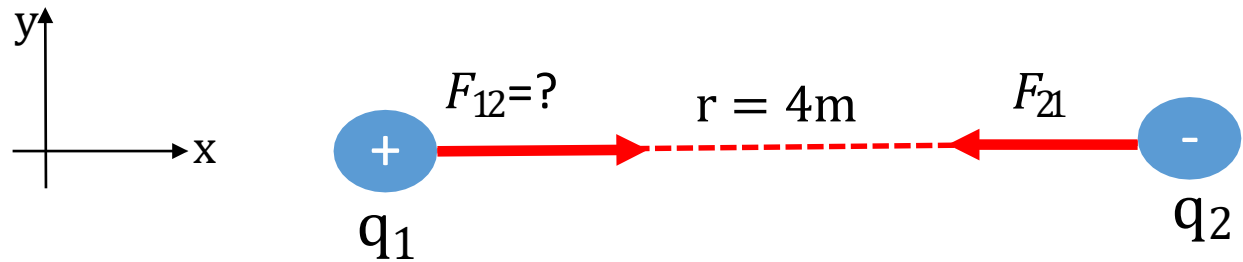
$$K_c = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

r_{12} = (vector unitario en la dirección del eje x)

Sabemos:

$$F_{12} = k_c \frac{|q_1||q_2|}{r^2} r_{12}$$

Solución



Reemplazando:

$$F_{12} = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \frac{(4 \times 10^{-6} \text{ C})(8 \times 10^{-6} \text{ C})}{(4 \text{ m})^2} i$$

$$\vec{F}_{12} = 18 \times 10^{-3} i \text{ Newton}$$

2. Una esfera de aluminio de 10^{-3}m de diámetro esta debajo de otro del mismo tamaño cargado positivamente de $2 \times 10^{-11}\text{C}$, ambos están en el vacío.

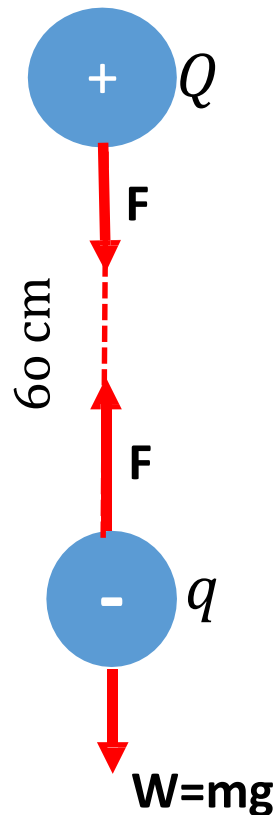
Cuál será la carga negativa de la esfera que está debajo a 60 cm para que por atracción, por la de arriba se mantenga en equilibrio.
(densidad $Al = 2.7 \text{ grTcm}^3$)

$$D = 10^{-3} \text{ m}$$

$$d = 60 \text{ cm} = 0.6 \text{ m}$$

$$Q = 2 \times 10^{-11} \text{ C}$$

$$q = ?$$



$$\text{Volumen de la esfera: } v = \frac{\pi d^3}{6} = \frac{\pi (10^{-3})^3}{6} = 0.52 \times 10^{-9} \text{ m}^3$$

Masa de la esfera:

$$\text{sabemos } \rho = \frac{m}{v} \rightarrow m = v \rho_{Al}$$

$$m = 0.52 \times 10^{-9} \text{ m}^3 \left(2.7 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) \left[\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \cdot \frac{(100 \text{ cm})^3}{1 \text{ m}^3} \right]$$

$$m = 1,404 \times 10^{-9} \text{ kg}.$$

Peso de la esfera:

$$w = mg = (1404 \times 10^{-9} \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$\text{pero } F = w = 13760 \times 10^{-9} \text{ kgm/s}^2 = 13760 \times 10^{-9} \text{ N}$$

Sabemos que :

$$F = k \frac{Qq}{d^2} \rightarrow q = \frac{Fd^2}{kQ}$$

$$q = \frac{13760 \times 10^{-9} \text{ N} \cdot (0.6 \text{ m})^2}{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot 2 \times 10^{-11} \text{ C}} = 0.2752 \times 10^{-7} \text{ C}$$