

UNIDAD 1

CARGAS Y FUERZA ELÉCTRICA



Disfrutando los efectos de cargar eléctricamente el cuerpo: cada cabello está cargado y ejerce una fuerza repulsiva sobre los otros cabellos.

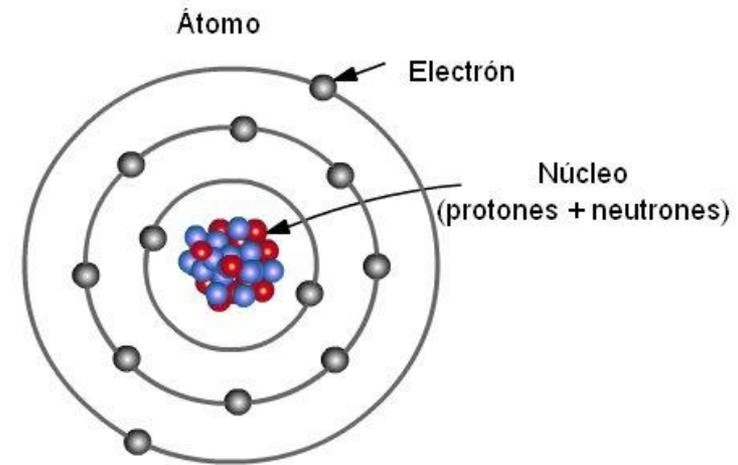
FUERZAS ELÉCTRICAS

Nuestra dependencia con la electricidad va más allá de maquinaria y aparatos eléctricos

⇒ DOMINACIÓN DE FUERZAS ELÉCTRICAS

Fuerzas eléctricas que mantienen unidas

- A las partes del átomo.
- A los átomos en las moléculas.
- A las moléculas que conforman estructuras macroscópicas.



La pared presiona en sentido contrario contra su mano con una fuerza normal.



Además,

Las “fuerzas de contacto” son fuerzas eléctricas

FUERZAS ELÉCTRICAS

```
graph TD; A[FUERZAS ELÉCTRICAS] --- B[FUERZAS ELECTROSTÁTICAS  
Si las partículas están en reposo o se mueven muy despacio]; A --- C[FUERZAS MAGNÉTICAS  
Si las partículas se mueven a velocidad uniforme o casi uniforme]; A --- D[EMISIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS  
Si las partículas se mueven con movimiento acelerado];
```

FUERZAS ELECTROSTÁTICAS
Si las partículas están en reposo o se mueven muy despacio

FUERZAS MAGNÉTICAS
Si las partículas se mueven a velocidad uniforme o casi uniforme

EMISIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS
Si las partículas se mueven con movimiento acelerado

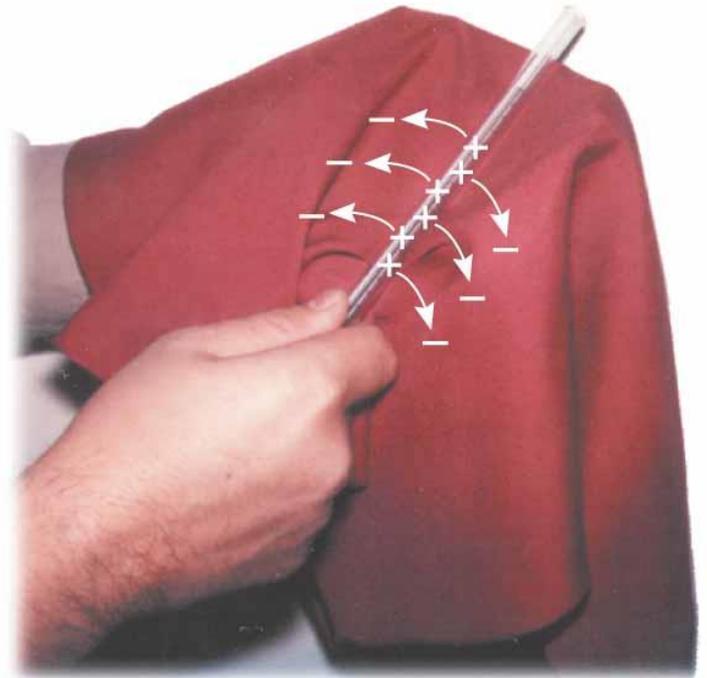
Descubrimiento de la electricidad a través de la fricción

Barra de ámbar (*elektron, gr*) que se frota contra un pedazo de tela o piel:

- se observan chispas en la oscuridad
- atrae pequeños trozos de paja o plumas.

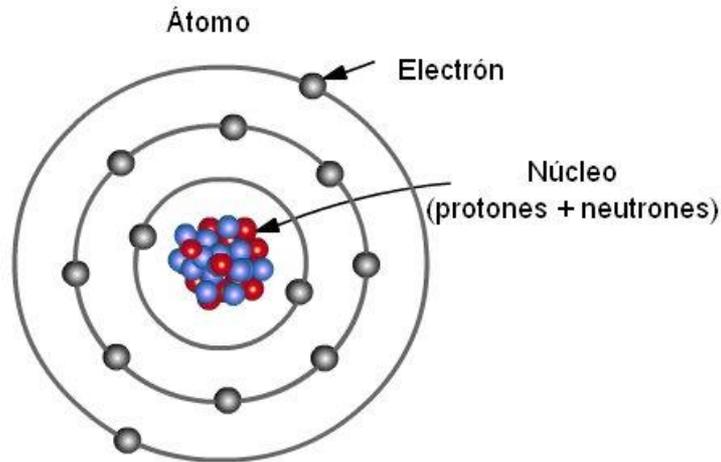
Peine de plástico que se frota sobre camisa o suéter

- se observan chispas en la oscuridad
- atrae pequeños trozos de papel o tela.

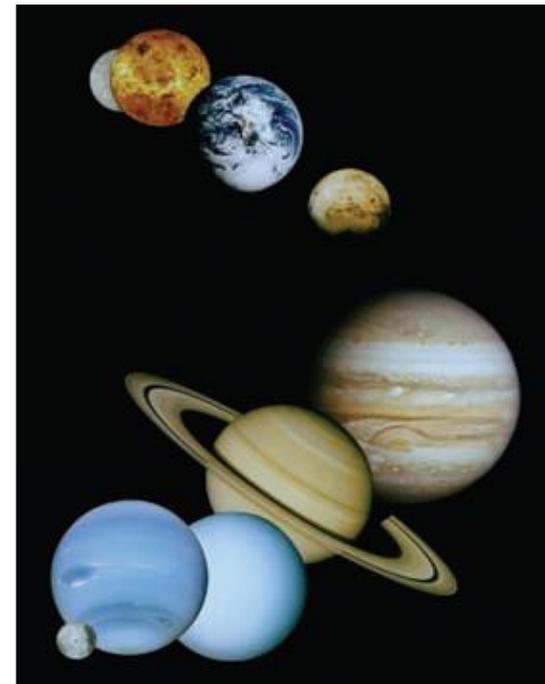


Fuerza eléctrica y fuerza gravitacional

En el átomo existe una fuerza eléctrica de atracción entre el electrón y los protones del núcleo.



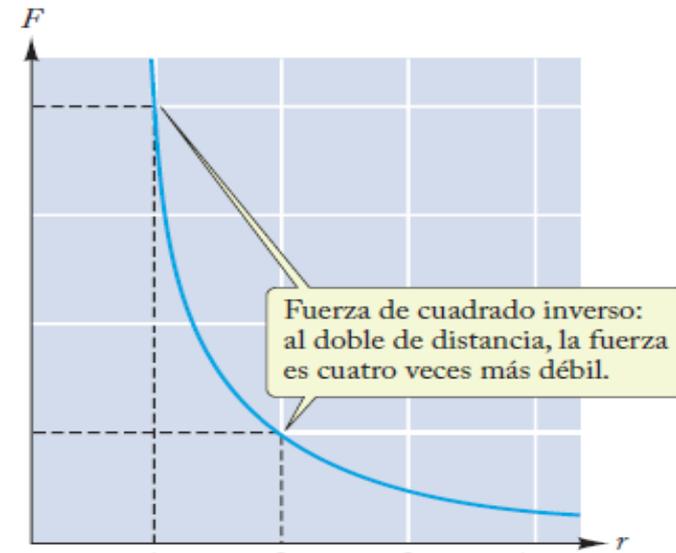
En el Sistema Solar existe una fuerza gravitacional entre el Sol y los planetas.



Fuerza eléctrica y fuerza gravitacional

Ambas disminuyen en proporción al cuadrado del inverso de la distancia, pero

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$



- La Fuerza gravitacional siempre es de atracción
- La Fuerza eléctrica, en función de las partículas involucradas puede ser de : **atracción, repulsión o nula.**

La **CARGA ELÉCTRICA**, que poseen algunas partículas es la fuerza de la Fuerza Eléctrica.

Para la formulación matemática de la Ley de FUERZA ELÉCTRICA, el valor numérico de la carga fundamental e, en la unidad del SI: coulomb (C)

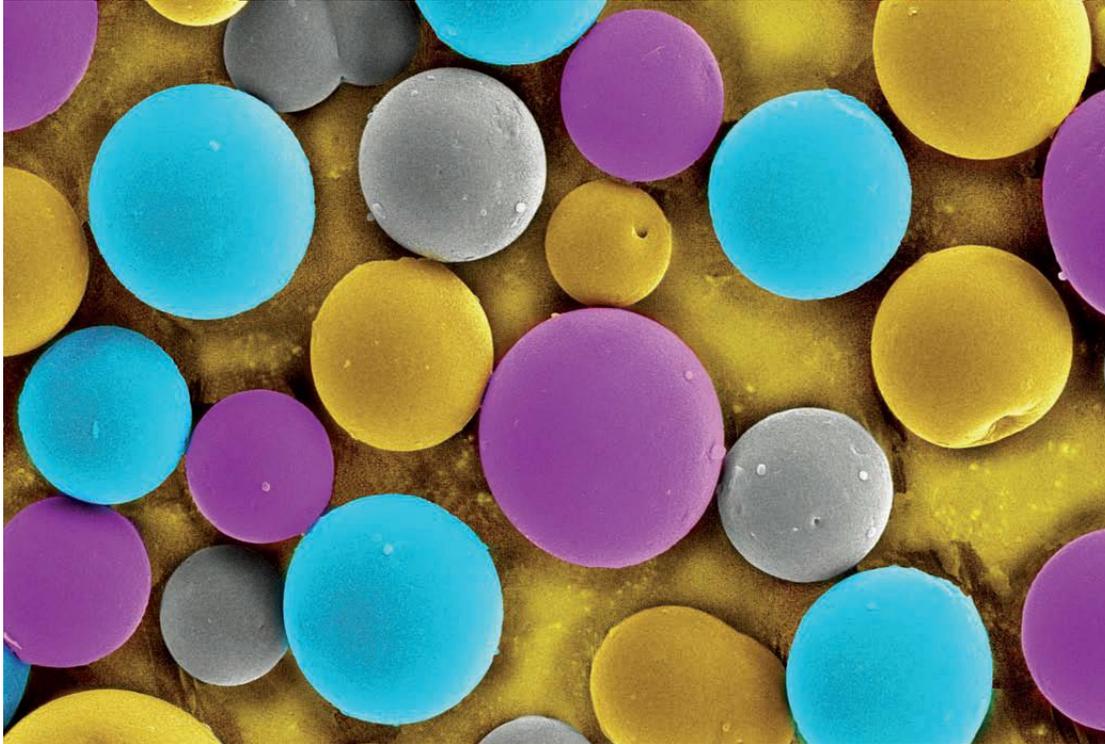
$$-e = -1.60 \times 10^{-19} \text{ C para el electrón}$$

$$e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C para el protón}$$

*“La fuerza eléctrica entre cargas de signos similares es de repulsión.
La fuerza eléctrica entre cargas de signos distintos es de atracción”.*

Ejemplo de aplicación de cargas y fuerza eléctrica

Partículas de tóner en tonos magenta, cian y amarillo y negro, de forma esférica y con un recubrimiento de polímero, como las utilizadas en fotocopiadoras e impresoras láser.



Una fuerza eléctrica de atracción las mantiene sujetas a la placa detrás de ellas; también las partículas ejercen fuerzas eléctricas de repulsión entre sí.

Un coulomb es la cantidad de carga eléctrica que una corriente de 1 ampere produce en un segundo.

(en función de una corriente estándar: tasa de flujo estándar de cargas)

1 coulomb de carga es una *gran cantidad* de cargas fundamentales

$$1 \text{ C} = \frac{e}{1.60 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{18} e$$

Dado que la carga fundamental e es tan pequeña, con frecuencia, en la práctica se pasa por alto su carácter discreto, y se considera que la distribución de cargas macroscópicas es CONTÍNUA.

(de manera similar a la distribución macroscópica de masa, que se considera continua, pero a escala microscópica la masa está formada de átomos discretos).

PROBLEMA:

Se agregan seis electrones a 1.0 coulomb de carga eléctrica positiva. La carga neta aproximada es:

- a) 7.0 C
- b) -5.0 C
- c) 1.0 C explique por qué
- d) -6e
- e) -5e

Cuantización de la carga eléctrica

Además de electrones y protones, existen otras partículas con carga que ejercen fuerza eléctricas entre sí.

“Todas las partículas conocidas tiene cargas que son múltiplos enteros de la carga fundamental e ”

$0, \pm e, \pm 2e, \pm 3e, \text{ etc.}$

A lo que se denomina paquetes discretos, por lo que se dice que la carga está cuantizada:

e : quantum de carga.

Su extrema pequeñez nos permite considerar macroscópicamente distribuciones continuas de carga.

Cuantización de la carga eléctrica

- q es el símbolo estándar que se usa para expresar una variable de carga
- Si la carga eléctrica existe en la forma de “paquetes discretos” se puede escribir

$$q = \pm Ne$$

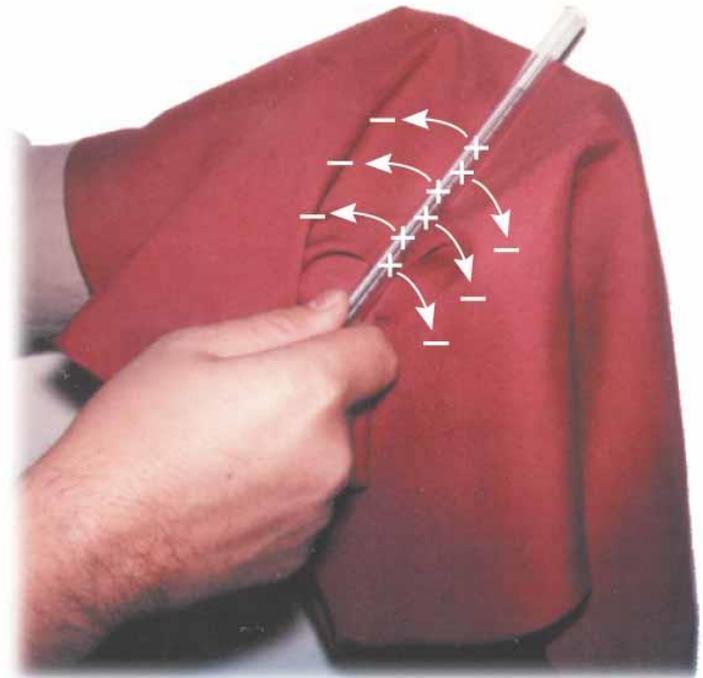
- N es un entero
- e es la carga fundamental
- $|e| = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Electrón: $q = -e$
- Protón: $q = +e$

Conservación de la carga eléctrica

- Una barra de vidrio se frota contra seda
- los electrones se transfieren del vidrio a la seda
- cada electrón transfiere una carga negativa a la seda
- y una carga igual pero positiva permanece en la barra de vidrio.

Lo anterior ocurren en paquetes discretos, **$N e$** .

Carga eléctrica por frotamiento



El proceso de adquisición de carga debe entenderse como el de la transferencia de carga de un cuerpo a otro.

La carga eléctrica es una cantidad que se conserva:

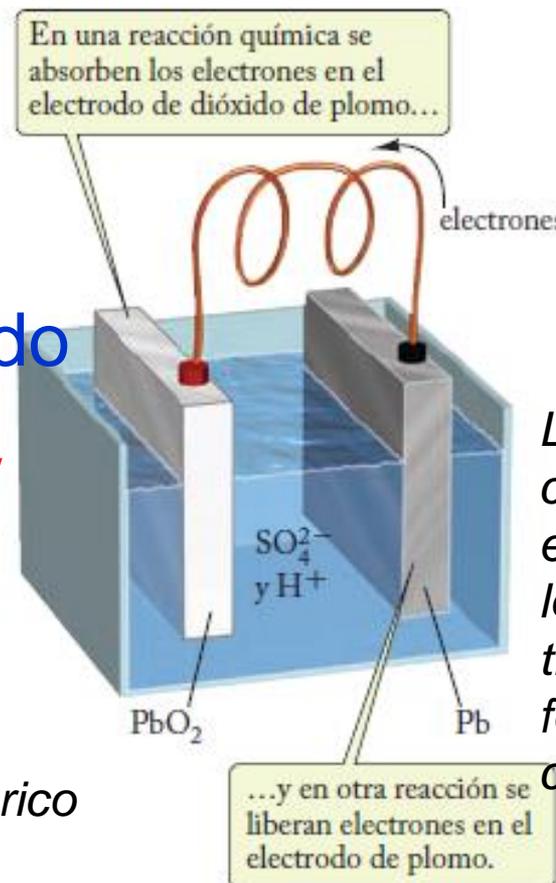
“ En cualquier reacción (química o de otra índole) donde interviene partículas cargadas, las cargas totales antes y después de la reacción son siempre las mismas”

La carga eléctrica neta permanece constante

Ejemplo de reacción química:

Acumulador de plomo ácido
(acumulador de un automóvil)

solución electrolítica de ácido sulfúrico



Las placas están conectadas en circuito externo por donde los electrones son transportados formando una corriente eléctrica.

Ejemplo del Acumulador de plomo ácido

(éste problema lo puede encontrar en Ohanian/Markert, Física Vol.2)

Un acumulador totalmente cargado contiene una gran cantidad de **H_2SO_4 en solución electrolítica.**

Conforme el acumulador **suministra carga eléctrica** al **circuito externo** conectado a sus terminales, **disminuye** en forma gradual la **cantidad de H_2SO_4 en la solución.**

Para **descargarse por completo**, la terminal positiva del acumulador del automóvil **entrega una carga eléctrica de $1.8 \times 10^5 \text{ C}$** al circuito externo.

¿Cuántos gramos de H_2SO_4 se consumirán en el proceso?

Reacciones en un acumulador de plomo ácido, que deben ser balanceadas en cuanto a número de moles y de cargas

En la placa de plomo:



En la placa de dióxido de plomo:



Inténtelo y encuentre eacciones en un acumulador de plomo ácido, que deben ser balanceadas en cuanto a número de moles y de cargas

La conservación de electrones y protones en las Reacciones Químicas implica un reacomodo de éstas partículas en las moléculas.

⇒ **LA CARGA ELÉCTRICA NETA PERMANECE CONSTANTE**

esto aplica, desde luego, a todos los procesos eléctricos macroscópicos, como:

- ❖ Operación de máquinas
- ❖ Generadores electrostáticos
- ❖ El flujo de la corriente por conductores
- ❖ El almacenamiento de cargas en capacitores
- ❖ La descarga eléctrica de rayos, etc.

Ley de Coulomb

“La magnitud de la fuerza eléctrica F que ejerce una partícula sobre otra partícula es directamente proporcional al producto de sus cargas (q, q'), e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia r que las separa. La dirección de la fuerza sigue la línea que une a las partículas”

$$F = \frac{k |q| |q'|}{r^2}$$

constante de Coulomb
o constante de fuerza eléctrica

$$k = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

Ley de Coulomb

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

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

- Constante de permitividad, “epsilon cero”

Aplicaciones de la Ley de Coulomb

$$F = \frac{k |q| |q'|}{r^2}$$

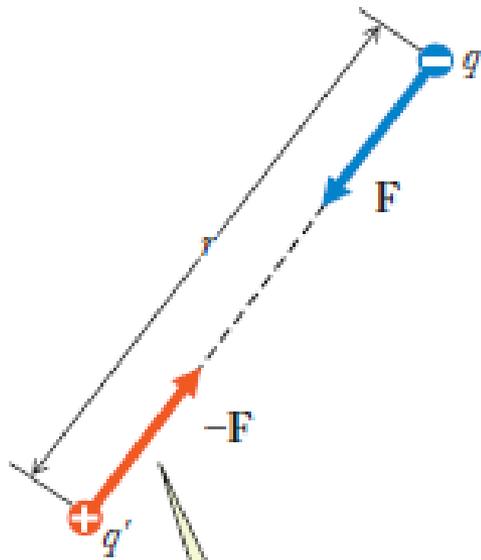
$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q'q}{r^2}$$

modelo aplicable cuando los tamaños de los cuerpos con carga son mucho menores que la distancia que los separa: **CARGAS PUNTUALES**

Ejemplos de interacción electrostática entre partículas con carga similar (fuerza de repulsión) y carga opuesta (fuerza de atracción).

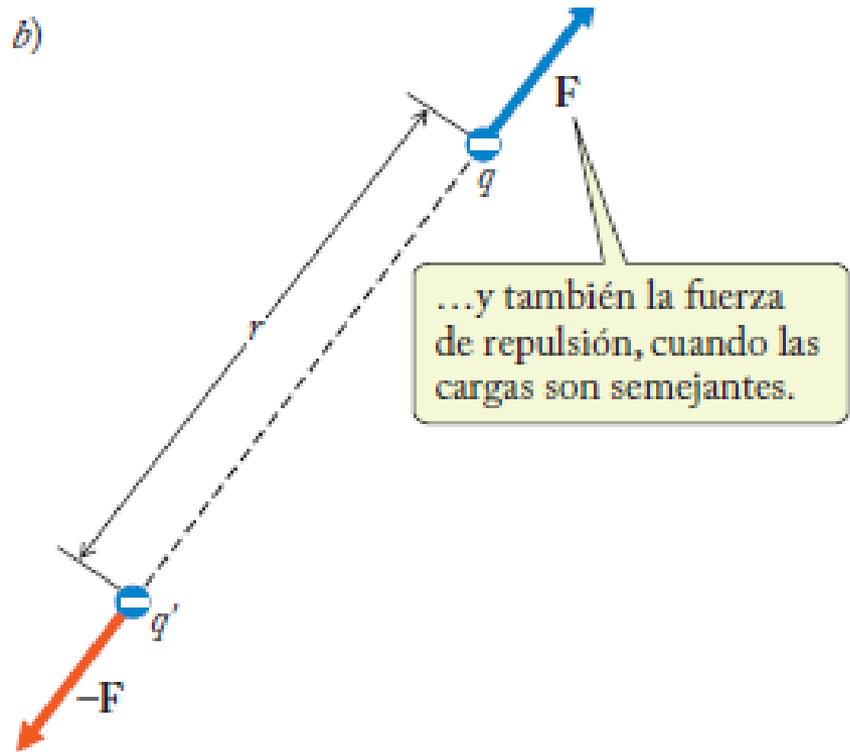
Se muestra la dirección del vector fuerza eléctrica.

a)



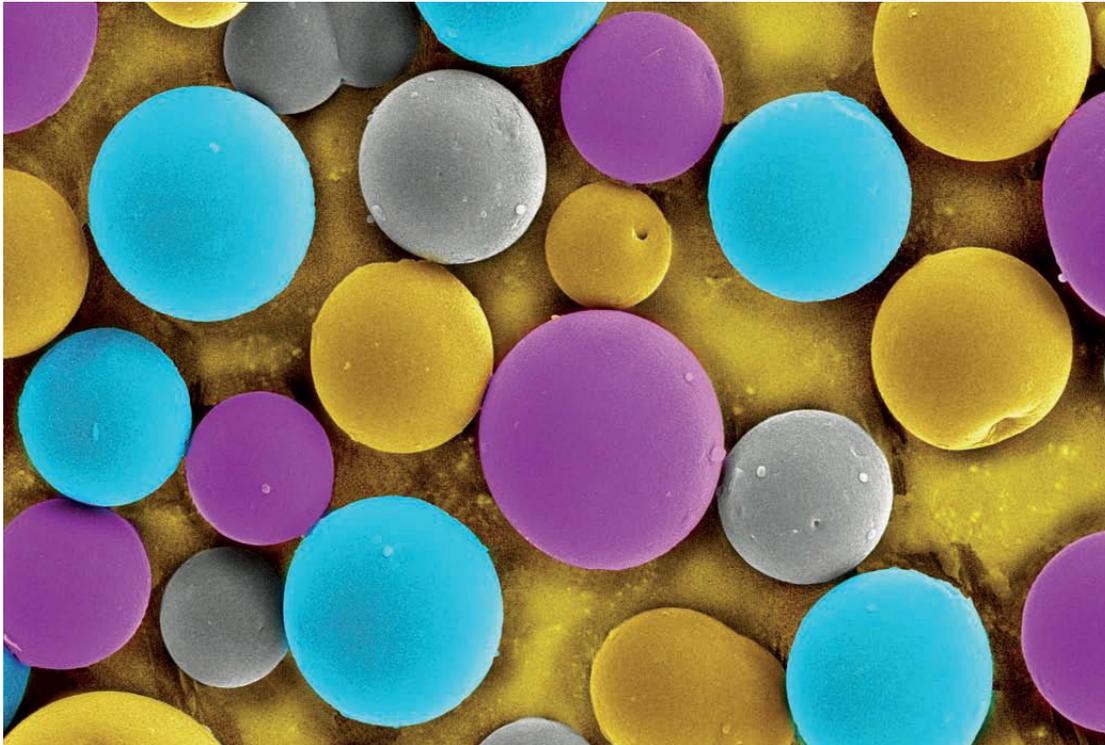
Para cargas diferentes, la fuerza de atracción sobre cada una está a lo largo de la línea que une a las cargas...

b)



...y también la fuerza de repulsión, cuando las cargas son semejantes.

Ejemplo 1. Dos partículas de tóner están separadas por 1.2×10^{-5} m; Cada una tiene una carga negativa de -3.0×10^{-14} C.



¿Cuál es la fuerza eléctrica que ejercen las dos partículas entre sí?
Considérese que las partículas de tóner son, aproximadamente, partículas puntuales.

$$R \sim 5.6 \times 10^{-8} \text{ N}$$

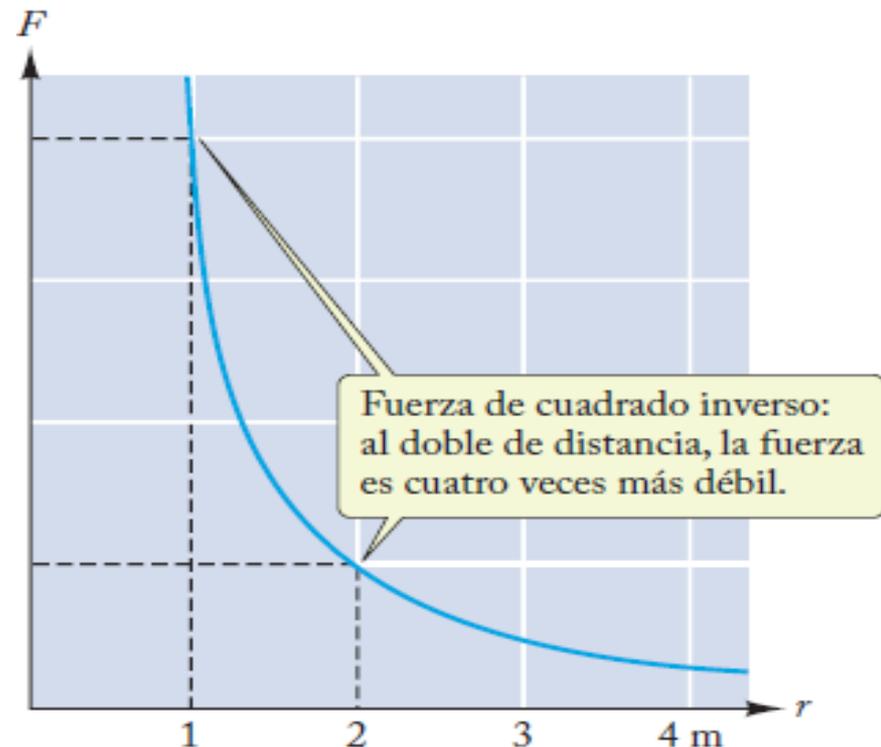
Ejercicio de reconocimiento del comportamiento de F vs r .

Si se sabe que la fuerza electrostática entre dos partículas con carga tiene una magnitud de 1.0×10^{-4} N, al encontrarse separadas 1 m de distancia, ¿cuál será la fuerza si están a 10 m? y ¿a 100 m?

Observe el comportamiento:
construya una tabla que incluya

r (m)	F (N)

Y de ser posible construya un gráfico F vs r , como éste:



Ejemplo 2. Para tarea martes 21 agosto

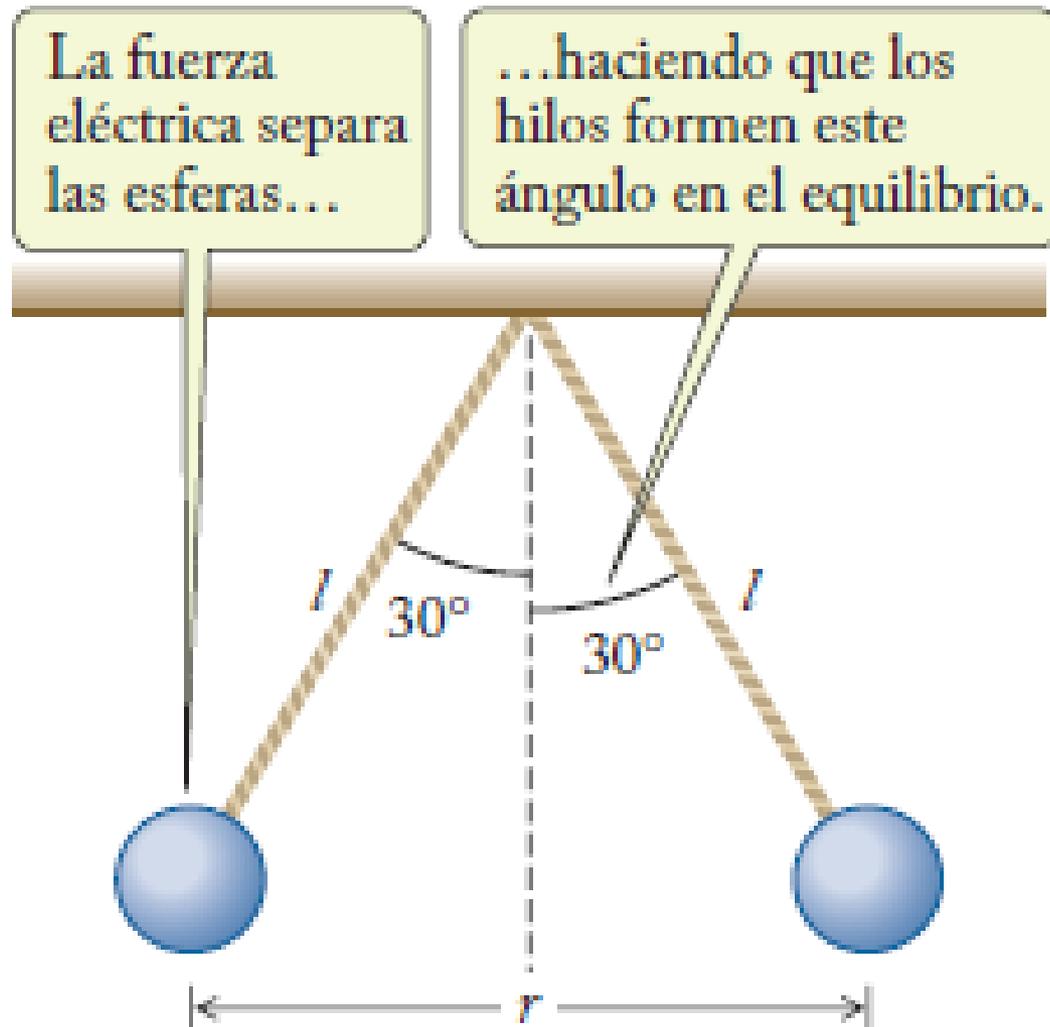
Un electroscoPIO para detectar y medir cargas eléctricas se compone de dos pequeñas esferas de corcho recubiertas con lámina metálica: cada una con una masa de 1.5×10^{-4} kg, y están colocadas de un hilo de 10 cm de longitud.

Cuando se agregan cargas eléctricas iguales a las esferas, la fuerza de repulsión eléctrica las aleja, y el ángulo entre hilos indica la magnitud de la carga eléctrica. Si el ángulo de equilibrio entre los hilos es de 60° ,

¿cuál es la magnitud de la carga q ?

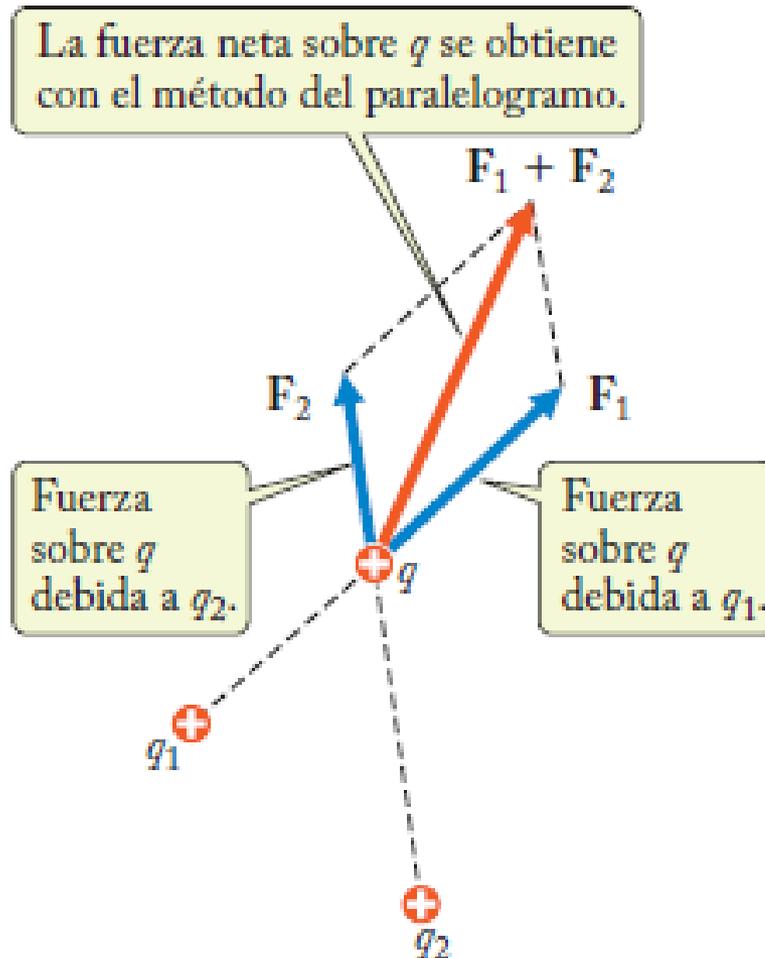
Verifique $q = 3.1 \times 10^{-8}$ C

Ilustración del electroscoio simple



Principio de superposición de fuerzas eléctricas:

La fuerza neta sobre q se obtiene calculando la suma vectorial de las fuerzas individuales



Dos cargas puntuales q_1 y q_2 ejercen las fuerzas eléctricas \mathbf{F}_1 y \mathbf{F}_2 sobre la carga q .

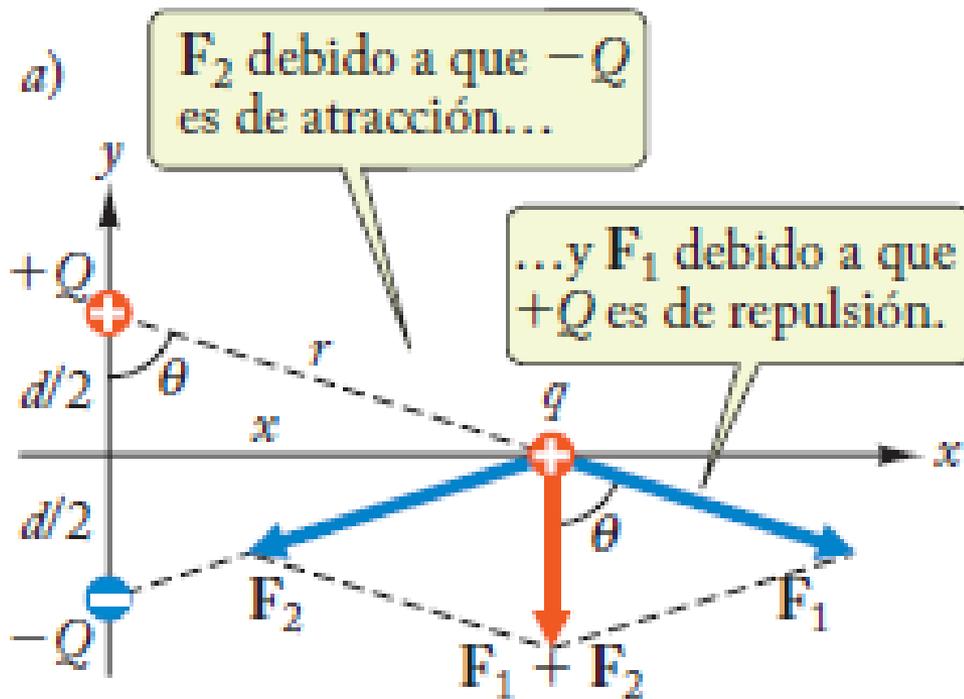
La fuerza neta sobre q es la suma vectorial de esas fuerzas

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

EL DIPOLO ELÉCTRICO: ejercicio de clase, se muestra

Ejemplo 3: Dos cargas puntuales $+Q$ y $-Q$ están separadas una distancia d . Equidistante a estas cargas está la carga puntual q , a una distancia x de su punto medio.

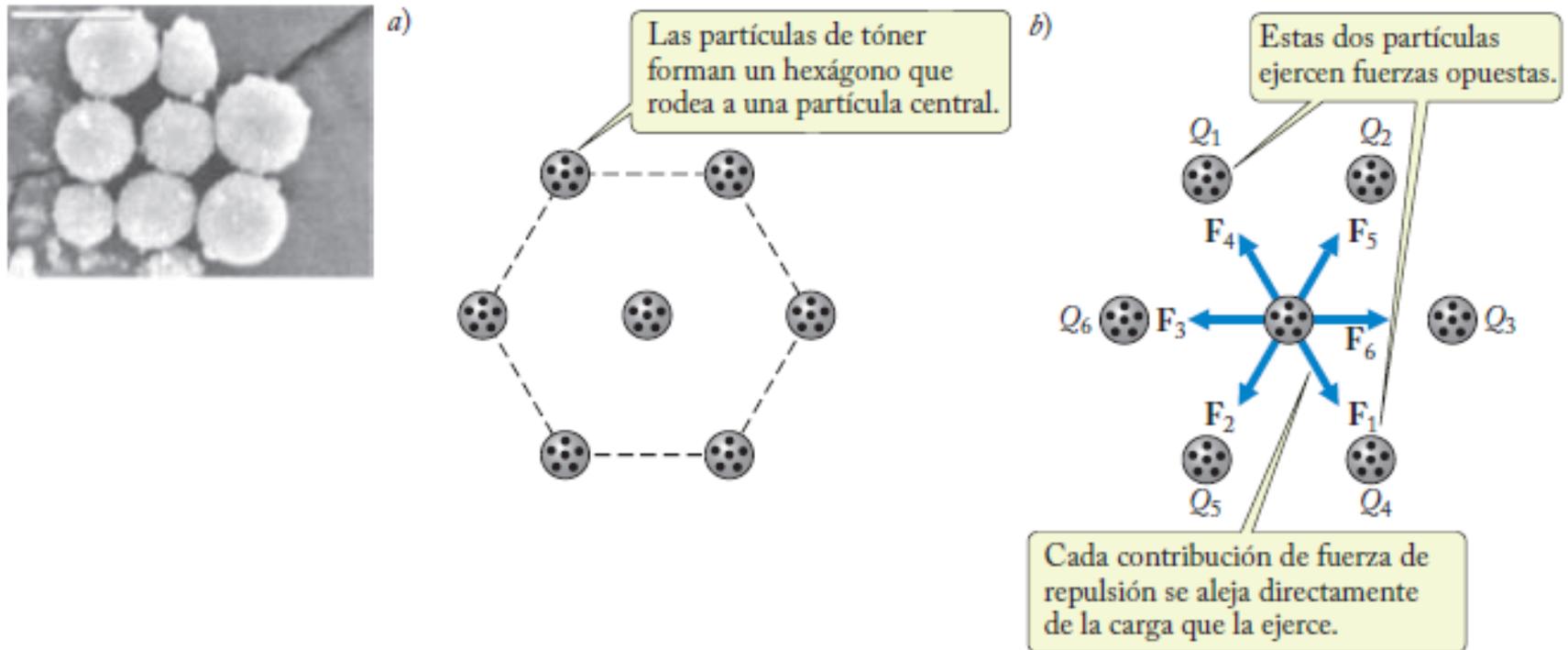
¿Cuál es la fuerza eléctrica F sobre q ?



Respuesta

$$F = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQd}{\left[x^2 + \frac{d^2}{4}\right]^{\frac{3}{2}}}$$

La superposición de fuerzas eléctricas



- a) Micrografía electrónica de barrido donde se ven partículas de tóner para impresora láser
- b) Fuerzas eléctricas sobre la partícula central, debidas a cada una de las otras seis

Ejemplo 4: En equilibrio Para tarea martes 21 agosto

¿EN QUÉ PUNTO LA FUERZA RESULTANTE ES CERO?

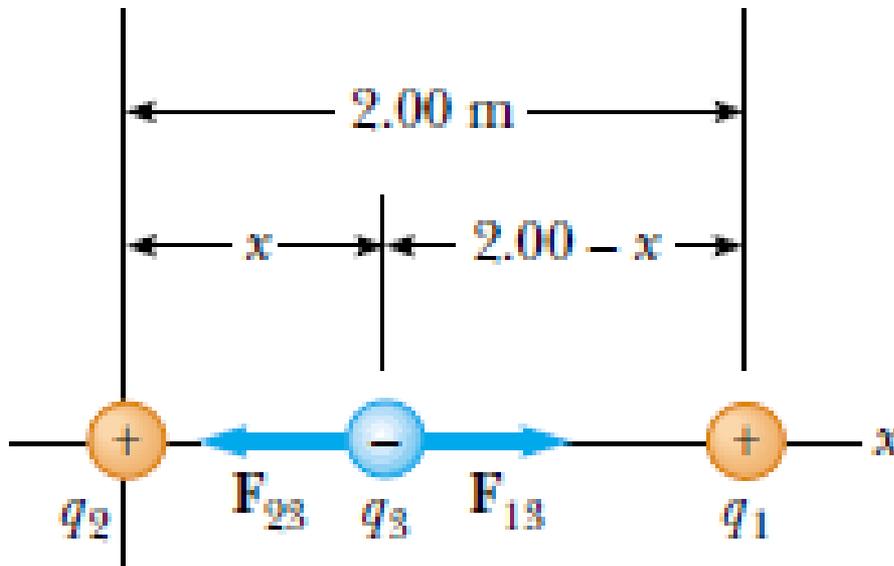
Tres cargas puntuales están ubicadas sobre el eje x.

La carga positiva $q_1 = 15 \mu\text{C}$ se encuentra en $x = 2.0 \text{ m}$.

La carga positiva $q_2 = 6 \mu\text{C}$ está en el origen.

La fuerza resultante que actúa en $q_3 = \text{cero}$.

¿Cuál es la coordenada x para q_3 ?



Verifique si la siguiente respuesta es correcta y comente si existe otra posible respuesta

$$X = 0.775 \text{ m}$$

Ejemplo 5:

Dada la siguiente disposición de cargas:

Q_1 a la izquierda de Q_3 , ambas sobre una línea recta y separadas por una distancia AC.

Q_2 por encima de Q_3 , separada por una distancia BC.

$$Q_1 = + 1.5 \text{ mC}$$

$$Q_2 = - 0.5 \text{ mC}$$

$$Q_3 = +0.20 \text{ mC}$$

$$AC = 1.2 \text{ m}$$

$$BC = 0.5 \text{ m}$$

Encuentre la magnitud de la fuerza resultante sobre Q_3
($F = 4.0 \times 10^3 \text{ N}$)