

## TRABAJO PRÁCTICO Nº 1

### CARGA ELÉCTRICA. LEY DE COULOMB.

#### Carga eléctrica

**P1.** La carga eléctrica con magnitud mínima que se puede aislar es la del electrón o del protón. En 1909, Robert A. Millikan desarrolló un método clásico para medir esa carga, que se conoce como experimento de la gota de aceite. Millikan pudo cargar diminutas gotitas de aceite, que caían a velocidad terminal bajo la influencia de la gravedad y de la resistencia del aire. Colocando esas gotitas entre dos placas horizontales cargadas (una con carga positiva y la otra con carga negativa), se ejerce una fuerza que puede equilibrar las fuerzas gravitatoria y viscosa. Si la masa y el tamaño de las gotitas se conoce, entonces determinando la velocidad de caída de las gotas dentro y fuera de las placas cargadas (esto es con y sin interacción eléctrica) se puede medir la carga de las gotas. En uno de sus experimentos observó que al cargar varias veces un cuerpo se obtenían los siguientes valores de carga:

- $6,563 \times 10^{-19} \text{ C}$
- $8,204 \times 10^{-19} \text{ C}$
- $11,50 \times 10^{-19} \text{ C}$
- $13,13 \times 10^{-19} \text{ C}$

- a) A partir de los valores que obtuvo experimentalmente explique cómo Millikan encontró que las cargas son un múltiplo entero de una carga elemental.
- b) ¿Qué valor de dicha carga elemental puede deducirse de estos datos?

#### E1. *Materiales:*

Un peine de plástico, trozos pequeños de papel (con área menor a  $1 \text{ cm}^2$ ) y cualquier objeto de metal de tamaño apreciable.

*Realización:*

- i. Peine su cabello seco y acerque el peine a los trozos de papel. ¿Qué observa?
- ii. Abra la canilla permitiendo que circule un chorro fino. Péinese nuevamente y acerque el peine al chorro. ¿Qué observa?
- iii. Repita el experimento cambiando el peine por un objeto de metal. Describa lo observado.
  - a) ¿Cómo se manifiesta la propiedad de la materia denominada carga eléctrica?
  - b) ¿Cómo puede un cuerpo cargado eléctricamente atraer a otro que no lo está?
  - c) ¿Por qué un metal no puede cargarse por frotamiento?



**E2.** Si sobre una alfombra de nylon en un día seco frota sus pies y luego toca un objeto metálico grande (una manija de puerta, el marco de una puerta metálico), ¿qué le ocurre? ¿Cómo puede explicarlo?

#### E3. *Materiales:*

Cinta adhesiva, superficie lisa y soportes.

*Realización:*


- i. Presione un trozo de cinta adhesiva, de entre 15 y 20 cm de largo, sobre una superficie lisa que no se descascare, por ejemplo un cuaderno o una mesa sin pintar.

Constantes:

$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;  $K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ;  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ ; masa del electrón:  $9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ; masa de la Tierra:  $5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$ ; masa de la Luna:  $7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$ ; radio de la órbita lunar:  $3,84 \times 10^8 \text{ m}$ ; radio de la Tierra:  $6,378 \times 10^3 \text{ km}$ , período de rotación de la Luna alrededor de la Tierra: 27,4 días.



P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;

L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

- ii. Luego despegue la cinta de la mesa y cuélguela de algún soporte, por ejemplo el borde de una mesa.
- iii. Acerque objetos (lapicera, su mano, clips, etc.) a la cinta. ¿Qué observa?
- iv. Corte cuatro trozos de cinta iguales, escriba una I (inferior) a dos de los trozos y péguelos a la superficie lisa.
- v. Pegue los dos trozos restantes de cinta sobre cada uno de los trozos I (sin despegarlos de la mesa) y escriba la letra S (superior) a ambos.
- vi. Despegue ambos trozos de cinta juntos y después separe la cinta I de la S.
- vii. Cuelgue una cinta I y una S del soporte utilizado antes.
- viii. Aproxime las dos cintas S. Describa lo que observa.
- ix. Aproxime las dos cintas I. Describa lo que observa.
- x. Aproxime la cinta S y una cinta I. Describa lo que observa.
  - a) ¿Qué puede deducir de la experiencia?
  - b) ¿Cuántos tipos de carga existen?

**P2.** Calcule cuántos electrones se necesitan para obtener una carga de 1 C.

**P3.** Una moneda de cobre de 3 g tiene una carga positiva de  $5,5 \mu\text{C}$ .

- a) ¿Cuántos electrones ha perdido?
- b) ¿Qué masa de la moneda representa?

**P4.** ¿Cuál será la carga total de todos los electrones que están contenidos en una barra de aluminio de 15 kg? (el aluminio tiene 13 electrones por átomo y cada átomo pesa  $45 \times 10^{-27}$  kg) ¿Cuál será la carga neta de la barra?

**C1.** Si se carga eléctricamente una burbuja de jabón, ¿su diámetro aumenta, disminuye o permanece igual al diámetro de la burbuja sin cargar?

**C2.** Considere una bolita de papel suspendida por un hilo cerca de un cuerpo cargado.

- a) ¿Por qué la bolita es atraída hacia el cuerpo? (puede construir en casa un dispositivo como el descrito y comprobar su respuesta).
- b) ¿Depende el resultado del tipo de carga del cuerpo?

**C3.** Se aproxima, sin tocar, una barra de vidrio cargada eléctricamente a un electroscopio descargado.

- a) ¿Cuál es el signo de la carga en la esfera del electroscopio?
- b) ¿Cuál es el signo en las hojas del electroscopio?

**C4.** Elija de las siguientes afirmaciones cual o cuales considera correctas

- a) Cuando se dice que la carga eléctrica está cuantificada, significa que:
  - i. existe una carga mínima no nula.
  - ii. toda carga eléctrica es múltiplo entero de una carga eléctrica elemental.
  - iii. la carga eléctrica es una magnitud continua.
- b) Decir que la carga eléctrica de un sistema se conserva es lo mismo que:
  - i. su valor no cambia con el tiempo.
  - ii. la suma algebraica de las cargas es constante.
  - iii. la suma de cargas positivas y la suma de cargas negativas son constantes separadamente.

Constantes:

$e = 1,6 \times 10^{-19}$  C;  $K = 9 \times 10^9$  Nm<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>;  $G = 6,67 \times 10^{-11}$  Nm<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>; masa del electrón:  $9,1 \times 10^{-31}$  kg; masa de la Tierra:  $5,97 \times 10^{24}$  kg; masa de la Luna:  $7,35 \times 10^{22}$  kg; radio de la órbita lunar:  $3,84 \times 10^8$  m; radio de la Tierra:  $6,378 \times 10^3$  km, período de rotación de la Luna alrededor de la Tierra: 27,4 días.

P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;

L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

## Fuerza de Coulomb

Al realizar los ejercicios recuerde que las fuerzas son magnitudes vectoriales.

Si tiene duda cómo operar con vectores revise la guía de trabajos prácticos TP0.

**P5.** Dos partículas fijas tienen las siguientes cargas y posiciones en el espacio:  $200 \mu\text{C}$  en  $(0; 0; 0)$  cm y  $100 \mu\text{C}$  en  $(0; 10; 0)$  cm.

- Calcule la fuerza electrostática ejercida por cada una de las partículas sobre la otra y compárelas.
- Se agrega otra partícula fija de  $-50 \mu\text{C}$  en  $(10; 0; 0)$  cm. Calcule la fuerza total sobre cada una de las tres partículas.

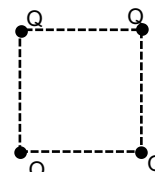
**C5.** ¿La fuerza coulombiana que una carga ejerce sobre otra cambia si se le acercan otras cargas?

**C6.** La fuerza debida a una carga  $Q$  sobre un punto donde está situada una carga  $Q'$  ( $Q' > Q$ ), ¿Es mayor, igual o menor que la fuerza debida a  $Q'$  en el punto donde está situada  $Q$ ?

**C7.** Compare la repulsión eléctrica entre dos electrones, separados una distancia  $D$  con la atracción gravitatoria entre los mismos. ¿Cuál debería ser la masa de un electrón para que esas fuerzas se equilibren?

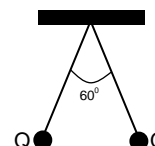
**P6.** Cuatro cargas de igual magnitud ( $1 \mu\text{C}$ ) están dispuestas en los vértices de un cuadrado de arista  $0,2$  m, como se muestra en la figura.

- Halle la fuerza sobre la carga del vértice inferior izquierdo que ejercerán las restantes.
- A partir de lo encontrado en el inciso anterior, podrá responder ¿cuánto vale la fuerza que experimentan cada una de las cargas restantes debida a sus vecinas sin realizar nuevamente la cuenta?

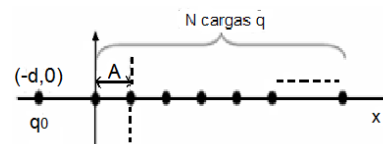


**P7.** Dos esferas idénticas con la misma carga y masa de  $1$  g cada una, cuelgan del mismo punto mediante hilos de  $0,5$  m de longitud. Su repulsión mutua hace que los hilos que sostienen las esferas sustenten un ángulo de  $60^\circ$ .

- ¿Cuál es la fuerza electrostática ejercida sobre cada esfera?
- ¿Cuál es la carga de cada una?



**P8.** En el eje de coordenadas  $x$  se encuentran  $N$  cargas de magnitud  $q$ . Cada una de las cargas se encuentra separada de la siguiente una distancia  $A$  (ver figura adjunta). Calcule la fuerza que el conjunto de cargas ejerce sobre una carga puntual  $q_0$  ubicada en  $(-d; 0)$ .



**P9.** A lo largo del eje  $x$  yace una varilla muy delgada de longitud  $L$ , la que posee una carga por unidad de longitud  $\lambda$ . Una partícula de carga  $q_0$  se encuentra sobre el eje  $x$  a una distancia  $D$  del extremo de la varilla.

- Escriba la expresión de la fuerza que actúa sobre la partícula debida a un elemento de longitud  $dx$  de la varilla.
- Calcule la fuerza neta ejercida por la varilla sobre la partícula.

Constantes:

$e = 1,6 \times 10^{-19}$  C;  $K = 9 \times 10^9$  Nm<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>;  $G = 6,67 \times 10^{-11}$  Nm<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>; masa del electrón:  $9,1 \times 10^{-31}$  kg; masa de la Tierra:  $5,97 \times 10^{24}$  kg; masa de la Luna:  $7,35 \times 10^{22}$  kg; radio de la órbita lunar:  $3,84 \times 10^8$  m; radio de la Tierra:  $6,378 \times 10^3$  km, período de rotación de la Luna alrededor de la Tierra: 27,4 días.

P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;  
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

**P10.** Un anillo delgado circular de radio de 3 cm posee una carga total de  $10^{-3}$  C distribuida en forma uniforme.

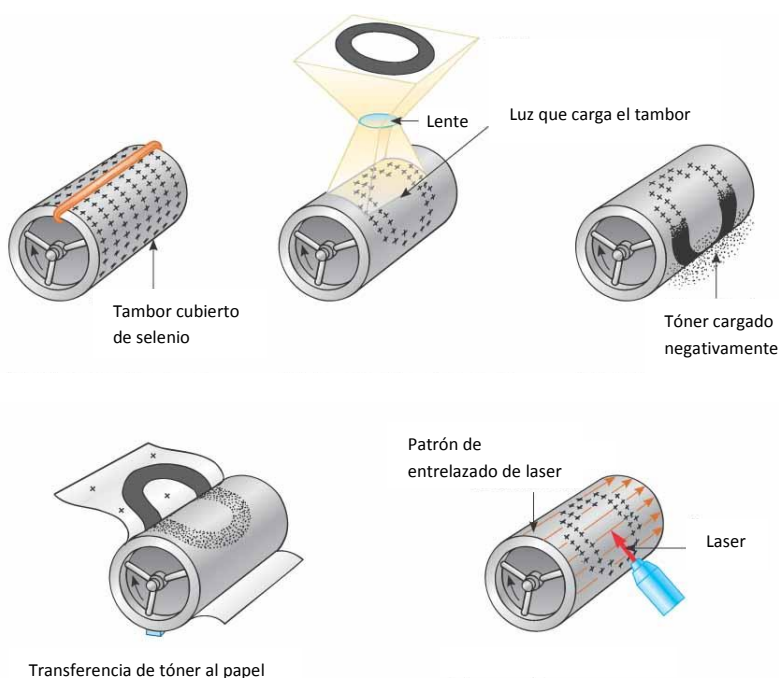
- ¿Cuál es la fuerza que actúa sobre una carga de  $10^{-2}$  C ubicada en el centro del anillo?
- ¿Cuál es la fuerza que actúa sobre una carga idéntica a la del inciso anterior, ubicada en un punto sobre el eje del anillo a una distancia de 4 cm de su centro?
- ¿Cuál es la fuerza que actúa sobre una carga de  $-10^{-2}$  C, ubicada en un punto sobre el eje del anillo a una distancia de 4 cm de su centro?

**A1.** Suponga que la atracción eléctrica, en vez de la gravedad, fuera la responsable de mantener a la Luna en su órbita alrededor de la Tierra. Si se colocan cargas iguales y de signo opuesto en la Tierra y en la Luna, ¿cuál debería ser el valor de la carga para mantener la órbita actual?

**A2.** El problema 7 representa un modelo simplificado de electroscopio.

- ¿De qué depende el ángulo de desviación entre los hilos?
- Detalle las medidas necesarias para determinar las cargas de las esferas utilizando este dispositivo, reglas, transportador y balanza.

**A3.** El funcionamiento de una fotocopiadora se puede explicar a partir de lo aprendido de interacciones coulombianas. La copiadora electrostática funciona al agrupar en forma selectiva cargas positivas (de acuerdo con el patrón que se va a copiar) en la superficie de un tambor no conductor<sup>1</sup> sobre el cual se rocían partículas de tóner que tienen carga negativa. Las partículas del tóner se adhieren en forma temporal al patrón del tambor (como el papel al peine) y luego se transfieren a la hoja donde se funden para producir la copia.



**A4.** El proceso de pintura electrostática que se utiliza en la industria automotriz también puede ser explicado en base a ley de Coulomb. El objeto metálico que va a pintarse se *conecta a Tierra* y a las gotitas de pintura se les confiere una carga eléctrica conforme salen de la boquilla rociadora. Al acercarse las gotitas de pintura al objeto que se pinta, se inducen en éste carga de signo opuesto, que atraen a las gotas hacia la superficie. Este proceso minimiza la formación de nubes de partículas de




<sup>1</sup> El tambor no conductor es sensible a la luz, mientras éste gira un rayo láser ilumina áreas seleccionadas dejándolas cargadas.

Constantes:

$e = 1,6 \times 10^{-19}$  C;  $K = 9 \times 10^9$  Nm<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>;  $G = 6,67 \times 10^{-11}$  Nm<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>; masa del electrón:  $9,1 \times 10^{-31}$  kg; masa de la Tierra:  $5,97 \times 10^{24}$  kg; masa de la Luna:  $7,35 \times 10^{22}$  kg; radio de la órbita lunar:  $3,84 \times 10^8$  m; radio de la Tierra:  $6,378 \times 10^3$  km, período de rotación de la Luna alrededor de la Tierra: 27,4 días.



P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;  
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

pintura y da un acabado particularmente liso.

- A5.** ¿Cómo podría utilizar este proceso para otras aplicaciones, por ejemplo el bronceado exprés, los paños quita polvo, etc.?

Constantes:

$e = 1,6 \times 10^{-19}$  C;  $K = 9 \times 10^9$  Nm<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>;  $G = 6,67 \times 10^{-11}$  Nm<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>; masa del electrón:  $9,1 \times 10^{-31}$  kg; masa de la Tierra:  $5,97 \times 10^{24}$  kg; masa de la Luna:  $7,35 \times 10^{22}$  kg; radio de la órbita lunar:  $3,84 \times 10^8$  m; radio de la Tierra:  $6,378 \times 10^3$  km, período de rotación de la Luna alrededor de la Tierra: 27,4 días.