

Segunda parte

Laboratorio de Física
Universitaria II
(FISI 3014)

Experimento 1

ELECTROSTÁTICA

Introducción

El concepto básico del curso de Física Universitaria II, y su laboratorio, es la carga eléctrica. La carga eléctrica es la base de la electricidad. El concepto surge de la observación e interpretación de los fenómenos electrostáticos. Lamentablemente, en Puerto Rico no es fácil observar estos fenómenos en nuestra vida diaria, como lo es en países y lugares donde el clima es seco. Las causas que dificultan la observación de los fenómenos electrostáticos son: (1) La humedad en el ambiente y (2) La falta de limpieza sobre las superficies en donde se preparan las observaciones y en los objetos que van a emplearse. Algunas medidas que deben tomarse para observar estos fenómenos electrostáticos es el usar guantes, reducir la humedad con un soplador de aire caliente de los que se usan para secar el pelo, y usar objetos limpios para hacer las demostraciones en el laboratorio

Algunos de los hechos que pueden explicarse usando como modelo el concepto básico de la electricidad es la atracción, o rechazo, de cuerpos que han sido cargados al tocarlos con barras de vidrio frotadas con seda, la polarización de un “hilo” de agua cayendo de una pluma, y las chispas que saltan de un generador electrostático de Van der Graff

En condiciones de limpieza de los materiales usados y ausencia de humedad, la fricción entre dos cuerpos hace que cada uno adquiera carga. Por ejemplo, el frotar una piel de conejo con una barra de ebonita, hace que la barra adquiera carga negativa. En cambio, si frotamos una barra de vidrio con seda, la barra de vidrio se carga positivamente

Características del modelo

Cuando los físicos explican lo que observan y pueden hacer predicciones acertadas sobre lo que va a suceder en diversas circunstancias relacionadas con sus observaciones, están usando un modelo. El modelo de la carga eléctrica tiene los siguientes aspectos:

a. *Propiedades cualitativas de la carga eléctrica:*

- i. Hay dos tipos de carga eléctrica: positiva y negativa
- ii. Las cargas del mismo tipo se rechazan, mientras que las de tipos diferentes se atraen

b. *La ley de Coulomb:*

La magnitud de la fuerza de atracción, o rechazo, entre dos cargas puntiformes, separadas por una distancia r está dada por la ecuación,

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

Donde F representa la magnitud de la fuerza, k , a una constante, y q_1 y q_2 a las cargas. En el Sistema Internacional (SI), la unidad de fuerza es el newton, abreviado N. La unidad de carga, el coulombio, abreviado C, y la de distancia, el metro, m. En este sistema, la constante electrostática k tiene un valor exacto definido como $k \equiv 10^{-7} c^2$ donde c representa la velocidad de la luz en el vacío. Expresado con cuatro decimales el valor de k es de $8.9876 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$, y generalmente se redondea a $9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$. La fuerza es un vector cuya dirección apunta paralelamente a la línea que une a las cargas. En la parte superior de la figura 1 observamos las fuerzas de rechazo de dos cargas del mismo tipo. F_{12} representa la fuerza que sufre la carga q_1 debido a la presencia de la carga q_2 . De forma similar, F_{21} es la fuerza sobre la carga q_2 debida a q_1 . En la parte inferior de la misma figura mostramos fuerzas de atracción en cargas de distintos tipos. Debemos notar que hemos representado las cargas con círculos aunque debe sobreentenderse que son puntiformes

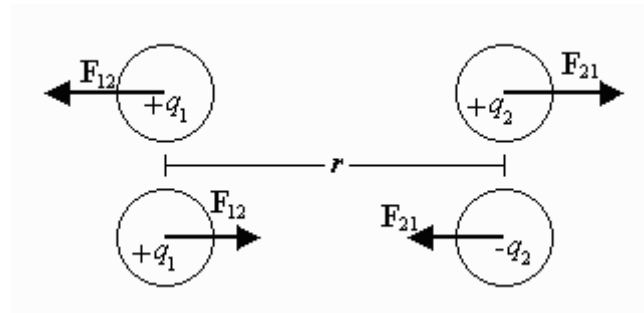


Figura 1. Las fuerzas se representan con flechas

c. *Limitaciones de la ley de Coulomb:*

- i. Su validez está limitada a las cargas puntiformes. De no ser puntiformes, no sería posible definir su separación
- ii. Las cargas deben estar en reposo relativo entre sí

d. *Características de la fuerza electrostática:*

- i. La fuerza electrostática actúa a distancia, como la fuerza gravitatoria, que se manifiesta aún cuando los cuerpos que la sufren no están en contacto mutuo
- ii. Cuando las cargas son varias y están distribuidas en el espacio, la fuerza sobre cada una de ellas es la resultante de la superposición de todas las fuerzas presentes debidas a cada una de las demás cargas

e. *Características microscópicas de la materia:*

- i. El modelo de la carga eléctrica, junto con sus propiedades, ha sido validado por observaciones y predicciones físicas, así como por otros fenómenos. Uno de ellos es la forma en que se presentan las reacciones químicas. A través de las leyes de Dalton podemos reconocer que la carga eléctrica permite explicar algunas propiedades de las reacciones químicas y deducir cómo está constituida la materia. El átomo, modelo físico de la materia, está compuesto por cargas

positivas elementales, llamadas protones, almacenadas en un núcleo, y cargas negativas, llamadas electrones, orbitando a los núcleos

- ii. La carga eléctrica está cuantizada, independientemente de si es positiva o negativa. Esto significa que existe en paquetes discretos o unidades enteras. La carga negativa mínima posible es, precisamente, la del electrón, y tiene un valor de 1.6×10^{-19} C. El protón, por su parte, posee la carga positiva mínima posible, la cual tiene exactamente la misma magnitud que la del electrón. La magnitud de cualquier carga es un número entero de electrones o protones, sin embargo, el valor de la carga de estas partículas es tan pequeño que, desde un punto de vista práctico, podemos decir que la transferencia de carga es como un flujo continuo
- iii. A pesar de poseer la misma carga, en magnitud, el protón y el electrón difieren notablemente en masa. Efectivamente, la masa del protón, m_p , es unas 1840 veces mayor que la del electrón, m_e ($m_p = 1.673 \times 10^{-27}$ kg, $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg). Por esta razón, la corriente eléctrica, que como veremos posteriormente, es el transporte de carga por un conductor, consiste esencialmente en el movimiento de los electrones

f. *Propiedades adicionales del modelo:*

- i. La carga no se crea ni se destruye, solamente se transfiere de un cuerpo a otro
- ii. Debido a que cargas de distintos tipos se atraen, siempre que parte de la carga de un cuerpo se transfiere a otro por fricción, hay una tendencia a la recombinación inmediata de esas cargas. Esta recombinación será más rápida cuanto mayor sea la conducción que los cuerpos ofrecen para que se efectúe. En condiciones de humedad ambiental e impureza de los materiales frotados, la recombinación es grandemente favorecida y ocurre instantáneamente
- iii. Creemos que el universo posee la misma cantidad de carga positiva que de negativa, por lo tanto, decimos que es neutro
- iv. Los protones, confinados en el núcleo del átomo, sufren fuerzas de repulsión debido a que poseen el mismo tipo de carga. Los neutrones, que son otras partículas elementales de la materia y no poseen carga eléctrica alguna, se localizan en el núcleo de los átomos y proveen una especie de pegamento nuclear más fuerte que el rechazo electrostático de los protones, por lo que estos no logran escapar de sus núcleos. La masa del neutrón es ligeramente mayor que la del protón

Conductores y aisladores

Como dijimos anteriormente, la materia está constituida por átomos. Los átomos, a su vez, están hechos de electrones, protones y neutrones. El átomo de cada elemento químico es único y diferente a los átomos de los demás elementos. El elemento con el átomo más simple es el hidrógeno, H, que tiene solamente un protón

y un electrón. Lo sigue el helio, He. Este tiene un núcleo con dos protones y dos neutrones, alrededor del cual orbitan dos electrones. Cuando los átomos de dos elementos reaccionan químicamente, forman un compuesto. La materia a nuestro alrededor puede ser cualquier elemento de la Tabla Periódica de los elementos, o cualquier compuesto formado a partir de estos elementos. Aunque no vamos a hablar aquí de cómo se enlazan los átomos, debemos saber que según el tipo de enlace entre ellos, será su habilidad para conducir carga eléctrica. Los metales como el cobre, la plata, el oro, el aluminio, etcétera, son excelentes conductores, es decir, su conductividad es grande. Los conductores permiten el movimiento de carga eléctrica a través de su volumen. Cuando depositamos carga en algún punto de un conductor, esta se difunde inmediatamente por toda la superficie del mismo, obedeciendo al rechazo de cargas del mismo tipo, hasta quedar equilibradamente distribuida. Hay materiales con conductividades muy pequeñas, como el vidrio, el hule, la porcelana, etcétera, por lo que los llamamos aisladores. Estos no permiten que la carga eléctrica se mueva o desplace por ellos. Cualquier carga que depositemos en un aislador permanece en el punto donde se depositó, sin distribuirse como lo haría en el caso de un conductor. El agua pura, destilada, es un conductor pobre, sin embargo, basta disolver en ella un poco de sal para convertirla en un conductor excelente, por eso la humedad ambiental, salina, favorece la recombinación instantánea de las cargas generadas por fricción. La capacidad aisladora de los materiales es limitada. Aún los mejores aisladores pueden conducir si son sometidos a campos eléctricos suficientemente intensos. Cuando esto ocurre decimos que hay *rompimiento dieléctrico*. Un rayo, por ejemplo, muestra el rompimiento dieléctrico de la atmósfera cuando las cargas positiva y negativa acumuladas en la tierra y las nubes, respectivamente, son lo suficientemente grandes como para recombinarse en una chispa, de varios kilómetros de longitud, que viaja a través del aire, a pesar de que este es un aislador

Polarización

La materia, en su condición natural, es neutra. No posee ninguno de los dos tipos de carga en exceso. Cada átomo, en condiciones normales, tiene carga positiva en la misma cantidad que la negativa. El agua, por ejemplo, está constituida por H y O. Es un compuesto químico. Su molécula es H₂O. Tiene dos átomos de H y uno de O, enlazados permanentemente. En el proceso de formar la molécula de agua, el electrón de cada átomo de H emigra hacia el átomo de O y se instala en él. Esto deja a los hidrógenos con deficiencia de dos cargas negativas, o exceso de dos cargas positivas, y al O, con dos cargas negativas netas. La atracción electrostática que resulta de esta reorganización de cargas contribuye a mantener a los átomos unidos, formando la molécula de agua. Una vez creada, la molécula de agua se comporta como una unidad indivisible y neutra, sin embargo, su carga permanece distribuida de forma irregular: por un lado están los dos átomos de H, positivos y, por otro, el de O, negativo. Es decir, la molécula está polarizada

Ver la figura 2. Debido a esta propiedad de tener carga positiva concentrada en un sitio mientras en otro sitio tiene la misma cantidad de carga negativa, decimos que una molécula es polar, o que posee un momento permanente de dipolo. Los

conductores no son polares, pero se polarizan fácilmente en presencia de cargas externas, por lo que se dice que pueden poseer momentos dipolares inducidos

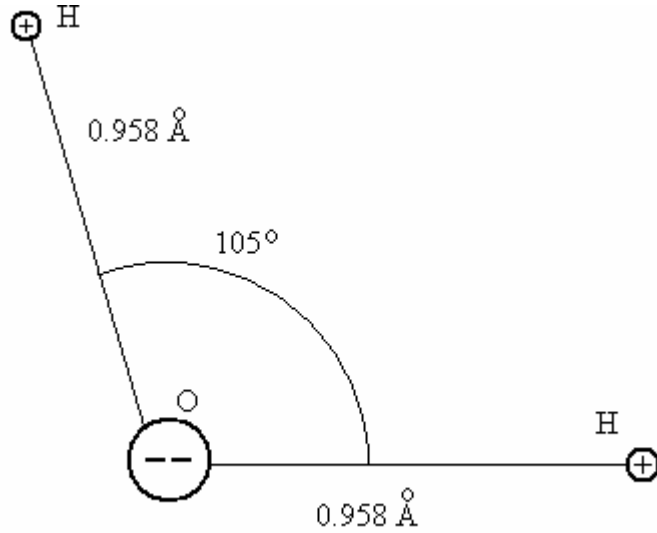


Figura 2. La molécula de agua es polar

Inducción

La inducción eléctrica es un proceso que nos permite cargar un objeto aislado. Ver la figura 3

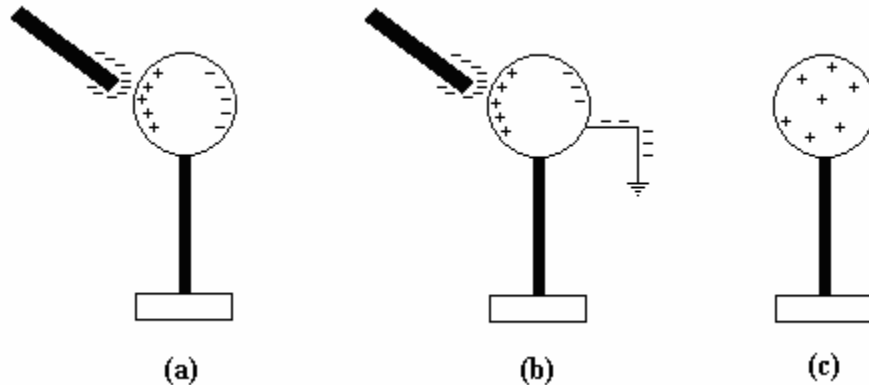


Figura 3. Procedimiento para cargar positivamente una esfera metálica, por inducción

En (a) acercamos a la esfera una barra cargada negativamente. La presencia de la barra cargada polariza a la esfera al atraer las cargas positivas de ésta y rechazar las negativas. En (b) hacemos contacto con tierra por el lado de la esfera opuesto al de la barra. Esto permite a las cargas negativas abandonar la esfera. En (c) vemos que la esfera queda con carga positiva distribuida sobre su superficie. La inducción nos permite crear máquinas electrostáticas, como el generador Van der Graff, que tienen la capacidad de almacenar grandes cantidades de carga. Estos generadores han sido muy útiles como aceleradores de partículas en estudios de física nuclear

Preguntas

Contestar correctamente antes de hacer el experimento

1. La ley de Coulomb se aplica exclusivamente a:
 - a. Cargas extendidas
 - b. Distribución uniforme de cargas
 - c. Cargas puntiformes
 - d. Todas las cargas eléctricas
 - e. La fuerza entre cualquier pareja de cargas

2. Dos cargas puntiformes de la misma magnitud se atraen con una fuerza de 2.0 N cuando están separadas 4.0 mm. Cuando se acercan a 1.0 mm la fuerza es de:
 - a. Faltan datos
 - b. 4.0 N
 - c. 8.0 N
 - d. 32 N
 - e. 0.5 N

3. El concepto básico de este curso es:
 - a. La corriente eléctrica
 - b. Obviamente, la ley de Coulomb
 - c. La electricidad
 - d. La carga eléctrica
 - e. La ley de Ohm

4. La mínima carga eléctrica positiva:
 - a. Es unas 2000 veces más grande que la negativa
 - b. Puede ser cero
 - c. Es la del electrón
 - d. Es la del protón
 - e. Se encuentra solamente en el núcleo de los átomos

5. Es difícil observar fenómenos electrostáticos en Puerto Rico porque:
 - a. El ambiente es demasiado húmedo y salino
 - b. Las cargas son más difíciles de separar en las zonas tropicales
 - c. La temperatura ambiente es muy alta
 - d. Hay el mismo número de cargas positivas que negativas
 - e. Las cargas del mismo signo se recombinan constantemente

6. Para observar fenómenos electrostáticos en Puerto Rico debemos:
 - a. Usar guantes y reducir la humedad con un soplador de aire seco en el área de experimentación
 - b. Ponerse anteojos de aumento y gafas protectoras
 - c. Reducir el área de trabajo y asegurarse de que la atmósfera esté húmeda
 - d. Usar materiales polares en los experimentos
 - e. Vestirse con ropa limpia y lavarse las manos

7. El frotar una piel de conejo con una barra de ebonita hace que la barra:
 - a. Adquiera carga negativa
 - b. Adquiera carga positiva
 - c. Pierda toda su carga
 - d. Arranque protones a la piel
 - e. Se cargue con cargas positivas y negativas recombinadas

8. Un modelo fisico es:
 - a. Un fisico que trabaja como modelo
 - b. Una explicación de lo observado, capaz de predecir resultados correctos
 - c. Diversos aspectos de la carga
 - d. La explicación de porqué los experimentos de fisica no salen bien en el laboratorio
 - e. Algo que no es de utilidad porque es sólo un modelo

9. La unidad de carga en el Sistema Internacional (SI) es el:
 - a. Julio
 - b. Amperio
 - c. Coulombio
 - d. Unidad electrostática (esu)
 - e. Voltio

10. La materia está constituida por:
 - a. Cargas negativas
 - b. Cargas positivas
 - c. Átomos
 - d. Neutrones
 - e. Fuerzas y campos

11. El elemento con el átomo más simple es el:
 - a. Hidrógeno
 - b. Electrón
 - c. Protón
 - d. Neutrón
 - e. Oxígeno

12. Los conductores eléctricos:
 - a. Permiten el movimiento libre de carga a través de ellos
 - b. Están constituidos exclusivamente por electrones
 - c. No pueden adquirir carga neta
 - d. No pueden polarizarse
 - e. Son materiales polares

13. El rompimiento dieléctrico:

- a. Es un fenómeno exclusivo de los buenos conductores
- b. Ocurre cuando campos eléctricos intensos hacen que los aisladores conduzcan
- c. Es la forma correcta de referirse a la fragilidad de la porcelana, el vidrio, etc.
- d. Es el resultado de disolver sales en agua
- e. Es la destrucción de la carga

14. Una molécula es polar cuando:

- a. Se encuentra en alguno de los polos de la Tierra
- b. Posee un momento permanente de dipolo
- c. Posee moléculas de H₂O
- d. Está eléctricamente cargada
- e. Tiene polos magnéticos

15. La inducción eléctrica es:

- a. La ley de Faraday
- b. La relación entre la corriente y la carga
- c. Un proceso electromagnético
- d. Un inductor, bobina o solenoide
- e. Un proceso para cargar positivamente un conductor aislado, sin tocarlo, usando una barra cargada negativamente