

Laboratorio de Física II.

Fenómenos electrostáticos. Electroscopio. Generador de Van Der Graaf.

Marco Teórico.

Electrostática.

Los fenómenos eléctricos se conocen desde la antigüedad. Hacia el año 600 A.c. Tales de Mileto describía como un pedazo de Ámbar después de frotarlo, atraía pequeños trozos de lana. De allí viene la palabra electricidad, pues en griego *elektron* significa ámbar. Años después, muchas personas investigaron el fenómeno. Entre ellos se encontraba William Gilbert, quien cerca del 1600 publicó una lista de materiales que muestran la misma propiedad, además de separar algunos materiales entre conductores y aislantes.

Otro de los investigadores que avanzaron en este campo fue el físico francés Charles François de Cisternay du Fay. Él publicó en 1733 unos trabajos donde identificaba la existencia de dos tipos de cargas eléctricas. Du Fay las denominó *carga vítrea* y *carga resinosa*, pues una se observaba al frotar el vidrio con un paño de seda, mientras la otra sucedía al frotar, con una piel, algunas sustancias resinosa como el ámbar o la goma. Así el frotamiento de determinados materiales podría dar lugar tanto a fenómenos de atracción como de repulsión.

El científico y político estadounidense Benjamin Franklin comenzó en 1714 su estudio de los fenómenos eléctricos. Fue él quien enunció el principio de conservación de la carga, al considerar que en la electrización por frotamiento de dos materiales de clases opuestas, la sustancia vítrea recibía carga eléctrica, mientras que la resinosa cedía dicha carga. Como resultado, la primera quedaba cargada positiva y la segunda cargada negativa. Implícitamente en esta idea, se aceptaba la existencia de una cantidad q cuya variación era Δq_+ para el cuerpo vítreo y Δq_- para el resinoso, tal que: $\Delta q_+ + \Delta q_- = 0$.

Años después, el físico francés Charles-Augustin de Coulomb cerró esta idea de la atracción y repulsión entre cargas, enunciando lo que conocemos como Ley de Coulomb. En esta se estableció que la fuerza de atracción entre cargas de diferentes signos (o de repulsión entre cargas de igual signo) era directamente proporcional al producto de las cargas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre estas.

Estos fenómenos que se observaron desde la antigüedad se debían a cargas en reposo, por lo que actualmente se estudian dentro de la rama de la física que lleva por nombre electrostática.

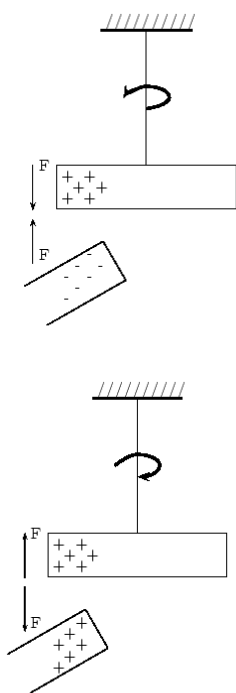


Fig 1. Fuerzas de atracción y repulsión originadas por las cargas eléctricas de los tubos.

Materiales e Inducción.

Diferentes materiales poseen distintas propiedades eléctricas. Una de las más importantes es la conductividad eléctrica, la cual se define como la capacidad de un cuerpo para permitir el paso de electrones a través de sí. Su valor varía con la temperatura, y depende de la composición química del cuerpo. Los materiales que poseen una buena conductividad eléctrica se denominan conductores. Los mejores dentro de esta categoría suelen ser los metales. Por el contrario, mate-

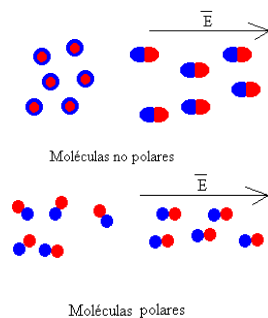


Fig. 3. Polaridad inducida en moléculas no polares ante un campo eléctrico, y ordenamiento presentado por las polares ante la acción del campo mismo campo.

riales como el plástico y el vidrio poseen una conductividad casi nula, por lo que se denominan no conductores, aislantes eléctricos o dieléctricos. Estos materiales en realidad son aislantes hasta que el campo eléctrico que lo atraviesa toma un valor tan alto que sobrepasa un valor conocido como campo de ruptura del dieléctrico. Cuando esto sucede, el material se transforma en conductor.

Los materiales dieléctricos, si bien no permiten el paso de electrones a través suyo, pueden cargarse de diferentes formas. Esto dependerá de si las moléculas que lo forman son polares o no. Si son polares, significa que un lado de esta tiene una densidad electrónica (por lo tanto una densidad de carga negativa) mayor que en otro sector de la molécula (con una densidad de carga positiva). Estas pueden entonces alinearse ante la acción de un campo eléctrico, afectándose mutuamente por atracción electrostáticas entre ellas. Por otro lado, las moléculas no polares poseen una nube electrónica uniforme. Pero esta nube electrónica puede ser atraída por una densidad de carga positiva que se encuentre lo suficientemente cerca. Esto genera una polarización inducida de la molécula, la cual es mucho más débil que la polarización presentada por una molécula polar. (Figura 2)

En 1752, Franklin, realizó un experimento con un barrilete que poseía un esqueleto de metal atado a un hilo de seda, en cuyo extremo llevaba una llave también metálica. La hizo volar un día de tormenta, y observó que la llave se cargaba de electricidad. (Figura 3) Esto demostraba que las nubes están cargadas de electricidad. A veces, la carga que alcanza la nube es tan grande que se rompe el dieléctrico del aire, y este conduce electricidad en un fenómeno que conocemos con el nombre de rayo. Así, este es un fenómeno natural donde presenciamos la ruptura de un dieléctrico tan especial como es el aire. En este las moléculas poseen una distancia grande entre ellas por tratarse de un gas, lo que disminuye las fuerzas de interacción electrostáticas que pudieran aparecer entre ellas, además de estar compuesto principalmente por moléculas no polares (con excepción del agua).

Ya mencionamos que las moléculas no polares podían polarizarse levemente cuando una carga positiva atraía a su nube de electrones (cargas negativas). También que las moléculas polares, al tener una densidad de electrones más rica en una región orientan esa región ante una posible carga positiva que pudiera acercarseles. En ambos casos decimos que inducimos una polarización en el material. Cuando el material es un conductor, lo que atraemos hacia nuestra carga positiva son electrones que se están moviendo libremente en él. También son electrones lo que repelemos al acercarle aún carga negativa. Esto es lo que se conoce como principio de inducción; es posible orientar las cargas de un objeto por acción de otro objeto cargado a la distancia. En ese caso decimos que cargamos al objeto por inducción. Generalmente luego de que la carga que generó la inducción sea retirada, el cuerpo vuelve a ser neutro. Se puede mantener la carga inducida si se conecta a tierra mientras es inducido, y se desconecta antes de cambiar el campo eléctrico que afecta al material.

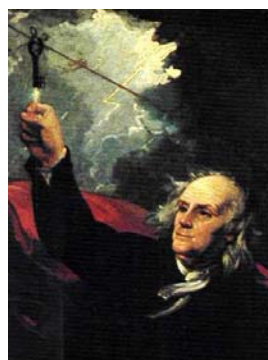


Fig. 2. Imagen de Franklin comprobando la existencia de carga en la llave durante su experimento con el barrilete.

Electroscopio.

Un electroscopio es un instrumento que detecta la presencia de carga estática. El principio básico es hacer que un mecanismo, con dos partes móviles de un material conductor en contacto, sea cargado sin contacto con otros conductores que pudieran disipar la carga. Ambas partes, al estar conectadas, obtienen el mismo tipo de carga. Esto hace que se repelan entre ellas, por lo que podrá observarse el movimiento que hacen para alejarse. La distancia que se crea es un indicador de la magnitud de la carga del electroscopio.



Fig. 4. Electroscopio.



Fig. 5. Electroscopio

Existen varios modelos de electroscopio, pero todos se basan en ese mismo principio. Uno de los modelos es una varilla metálica vertical que tiene, colgadas hacia abajo, dos láminas de oro muy delgadas. La varilla se encuentra sostenida en su parte superior, a una caja de vidrio transparente con un armazón de metal en contacto con tierra. (Figura 4) Otro de los modelos consiste en una circunferencia de metal conectada a una varilla metálica, la cual esta conectada a un brazo móvil, también de un material conductor. Este bazo esta ubicado de manera en que, debido a su centro de masa, se encuentre en posición vertical durante su estado de reposo. En el cual mantiene una distancia pequeña con la varilla fijada a la circunferencia. (Figura 5)

Para hacer cálculos cuantitativos que nos permitan determinar la magnitud de la carga, debemos recurrir a un esquema simplificado. Uno de estas representaciones simples, aplicables fácilmente al el primer modelo de electroscopio mencionado, consiste en dos pequeñas esferas con igual masa y carga, colgando de dos hilos. Un ejemplo de este esquema lo vieron al resolver el Problema 9 de la Práctica 1 (Carga eléctrica y ley de Coulomb).

Generador Van de Graaff.

Este aparato es un generador electrostático creado en 1931 por el físico estadounidense Robert J. Van de Graaff. El principio del generador es transferir carga, de manera constante, desde una banda no conductora cargada a una superficie metálica esférica, desde su interior. La cinta, generalmente de goma, gira, utilizando al fuerza de un motor, hacia arriba entrando en el esfera constantemente. Esta se encuentra en la parte inferior presionada por un elemento metálico. Este mecanismo induce carga negativa, por rozamiento, sobre la cinta, la cual al estar cargada termina induciendo una carga positiva sobre la esfera. Siendo, la energía necesaria para que esto suceda, suministrada por el motor que hace girar la banda. (Figura 6)

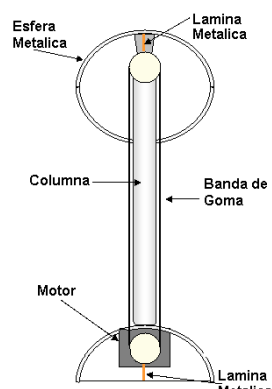


Fig. 6. Esquema de un generador de Van de Graaff.

Considerar el campo eléctrico que genera el casquete esférico de un generador de Van de Graaff es similar al de considerar una esfera cargada. Esta es una aproximación útil, que desprecia la influencia de la cinta cargada entre otras cosas. El manejo matemático es similar al que utilizaron para resolver el Problema 6 de la Practica 3 (Ley de Gauss). De este modelo se desprende que el campo eléctrico generado por el casquete es radial.

Capacitor de placas paralelas.

Un condensador o capacitor consiste en dos conductores separados, aislados entre estos. En el del capacitor de placas paralelas, estos conductores son placas metálicas grandes. La distancia que separa a ambos conductores debe ser pequeña en comparación a sus dimensiones. Las cargas que adoptan las placas suele son iguales, pero de signos opuestos. Las cargas de cada placa se atraerán mutuamente y se distribuirán uniformemente en las superficies internas.

Por lo estudiado en la teoría de conductores, el campo entre las placas es constante, mientras que fuera de las placas es nulo. Esto pudo verse al resolver el Problema 9 de la Practica 3 (Ley de Gauss).

Las placas del condensador tendrán potenciales distintos, por lo que existe entre ambas una diferencia de potencial. Siendo las cargas de las placas de igual magnitud, la diferencia de potencial será proporcional a esta. Podemos escribir esto cómo:

$$Q = C.V$$

Donde C es una constante, denominada capacidad. V es el valor de la diferencia de potencial entre placas. En el caso de un capacitor de placas paralelas en el vacío, la constante C se puede escribir como:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{d}$$

Donde ϵ_0 es la permeabilidad del vacío, A es el área de las placas y d la distancia de separación entre ellas. Notar que la suposición de que el campo es uniforme en todo punto entre las placas no se cumple en toda la extensión de las placas, con lo cual esta fórmula no es exacta.

Otro detalle que influye a la hora de calcular es el material que se encuentra entre las placas. Así, generalmente el valor real de C suele ser una constante k multiplicada por el valor de C cuando hay vacío entre las placas. La constante k , llamada constante dieléctrica, depende del material. Este valor está relacionado con el grado de polarización eléctrica que puedan poseer las moléculas que componen el material. Así las sustancias no polares suelen tener valores bajos (como en el caso del aire que tiene un valor casi cercano a uno) mientras que las más polares alcanzan valores muy altos (la constante dieléctrica del agua es 80,08).

Se puede obtener un valor de C muy grande si tomamos un área enorme y una separación muy pequeña. La presencia de un dieléctrico puede aumentar bastante el valor de C . Un capacitor con estas características permite para acumular cargas. En circuitos electrónicos, tener algo que pueda absorber o entregar grandes cantidades de carga sin variar mucho el potencial es de gran utilidad. Un capacitor hace justamente eso. También existen muchas aplicaciones de estos condensadores en instrumentos electrónicos, donde se usan para obtener una variación determinada de voltaje en respuesta a una variación determinada de carga.

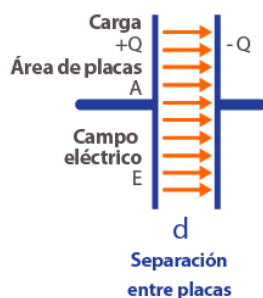


Fig. 7. Esquema de un capacitor.

Materiales y Métodos.

Electroestática con varillas cargadas.

En el laboratorio tenemos varillas de plástico (PVC), tubos de vidrio, paños de tela y unos soportes que permiten el movimiento de rotación horizontal. La idea es frotar energéticamente con el paño los diferentes tubos, y colocando uno sobre el soporte, observar el efecto que tienen los otros sobre este.

Tomar nota de lo observado. Prestar atención a como interactúan las diferentes cargas, de los diferentes materiales.

Utilizando una pequeña bola de tergopol sujeta de un hilo, observar su comportamiento al acercarla a los tubos cargados. Prestar atención a la naturaleza de la carga que presenta la bola. ¿Se carga por inducción? ¿Por contacto? ¿Es posible determinar el signo de la carga que posee en un momento dado con los materiales utilizados en este experimento?

Prestar atención también a si la carga que se genera en el tubo está distribuida a lo largo o sólo en la punta que se frotó. ¿Son materiales conductores? ¿Por qué?

Inducción en un pequeño electroscopio.

Observar el fenómeno de inducción causado sobre la lengüeta de aluminio de un pequeño electrómetro por los tubos cargados. Describir las diferentes fuerzas que actúan en la experiencia observada. Determinar como surgen esas fuerzas.

Van de Graaff.

Utilizar el Van de Graaff del laboratorio, el cual posee un cable a tierra. Conectar a tierra una esfera de descarga y colocarla cerca del generador de Van de Graaff. Observar las chispas de descarga entre ambas esferas.

Observar como varia la frecuencia de dichas chispas al variar la distancia entre las esferas y/o la velocidad con al que gira la cinta de goma. ¿En que condición se de la mayor frecuencia entre chispas? ¿Por qué?

Las chispas entre las esferas, ¿se ven? ¿Por qué? ¿Qué es lo que pasa para que el aire pueda conducir estos golpes de electricidad?

Utilizando al bolita de tergopol ¿Qué es lo que sucede cuando la acerco al Van de Graaf en funcionamiento? ¿Es posible determinar el signo de la carga del generador?

Medición de carga generada por el generador mediante la utilización de un electroscopio.

Conectar la esfera del generador Van de Graaff al electroscopio de armazón circular. Explicar lo que sucede. ¿Qué se puede decir sobre la magnitud de carga trasferida? Observar que sucede en el brazo del electroscopio al variar la velocidad del motor del generador.

Luego apagar el generador, ¿El brazo del electroscopio retorna a la posición original inmediatamente?.

Inducción en el electroscopio de cuerpo circular.

Usando la placa superior que se conecta al electroscopio para observar inducción. Determinar que es más efectivo para inducir carga sobre este aparato. Comparar el generador de Van de Graaff con los diferentes tubos cargados por rozamiento. ¿Depende el funcionamiento del electroscopio del signo de la carga?

Capacitor de placas paralelas.

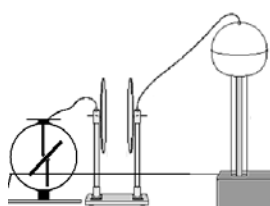


Fig. 8. Circuito entre el Generador de Van de Graff, el capacitor de placas paralelas y el electroscopio.

En el laboratorio se dispone de un conjunto de placas paralelas sobre un soporte que permite variar la distancia entre las mismas. Con estas placas, el generador Van de Graaff y el electroscopio se puede montar un circuito que nos permite comprobar en forma cualitativa lo que sucede en un capacitor de placas paralelas. (Figura 8).

Armando este circuito, encender el generador Van de Graaff y observar que sucede. ¿Cómo se sabe si el capacitor se carga? ¿Varia la carga que nos informa el electroscopio en algún momento? ¿Por qué? ¿Cómo varia la carga con la distancia entre las placas? ¿Cómo varia según el area de ellas?

Apagar el generador, ¿el capacitor permanece cargado? En caso afirmativo, ¿Cómo se eliminaría la carga acumulada?