

Electrostática

Preparado para Iniciativa Profísica, por
Hernán Verdugo Fabiani

Con el estudio de la electrostática se da inicio a la búsqueda del conocimiento que nos permitirá comprender algunos fenómenos eléctricos. La electrostática es el punto de partida para el estudio del fenómeno de la electricidad, su control por parte del hombre y, por cierto, es la base de numerosas aplicaciones científicas y tecnológicas.

¿Qué es la electrostática?

Podríamos decir que es el área de la física que se encarga de estudiar fenómenos asociados a cargas eléctricas en reposo.

¿Qué entenderemos como carga eléctrica?

Ya desde la antigüedad se sabía que al frotar objetos se obtenía como consecuencia la propiedad que adquirirían para atraer pequeñas partículas. Posteriormente se descubre que dos objetos de la misma naturaleza frotados por un mismo objeto se repelen entre sí, por ejemplo dos barras de caucho frotadas con un paño; al acercarse entre sí las barras estas se repelen. También se descubrió que dos materiales distintos al ser frotados por un mismo objeto tiene la propiedad de atraerse, por ejemplo una barra de caucho y una de vidrio frotadas por un paño; al acercarse entre sí éstas se atraen. Bueno, entonces se dijo que unos tenían carga eléctrica de un tipo y los otros de otro tipo. Posteriormente fue Benjamín Franklin quien les asignó los nombres de cargas **positivas** y cargas **negativas**.

¿Cuándo un cuerpo está cargado eléctricamente?

Veamos: Un cuerpo cualquiera está formado por moléculas y éstas están formadas por átomos. Los átomos poseen, básicamente, tres tipos de partículas: electrones, protones y neutrones. Se ha descubierto que los electrones y los protones tienen propiedades eléctricas mientras que los neutrones no la poseen. A los electrones se les asignó la propiedad de tener carga negativa y a los protones carga positiva. Se dice, entonces, que un cuerpo está cargado **negativamente** si tiene un exceso de electrones y está cargado **positivamente** si tiene una ausencia de electrones, es decir, si tiene más protones que electrones.

¿Cómo se puede producir el hecho de que a un cuerpo le “sobren” o le “falten” electrones?

Para entender esto tenemos que comprender la dinámica de los átomos y al respecto diremos, por ahora, que lo más probable es que al tomar un cuerpo cualquiera éste no posea carga eléctrica, pero esto no significa que no tenga electrones ni protones, no!, sigue teniéndolos pero de ambos tiene la misma cantidad. Se puede deducir, entonces, que la carga negativa de un electrón se anula con la carga positiva de un protón. Por lo tanto, al tener un cuerpo la misma cantidad de electrones que protones, eléctricamente se dice que está neutro o que está sin carga.

Bien, ocurre si asumimos que un átomo tiene una forma parecida a nuestro Sistema Solar, es decir: alrededor de un cuerpo central hay otros que están girando a su alrededor. En el caso del átomo, visto de ésta manera, el cuerpo central se denomina **núcleo** y en éste están los protones y los neutrones, férreamente unidos, y los cuerpos que giran alrededor del núcleo son los electrones, ocupando – ellos – órbitas distintas.

Los electrones por sus posiciones orbitales tienen cierta cantidad de energía que los liga al núcleo.

A los que están más cerca del núcleo los une una mayor cantidad de energía y los que están en órbitas más lejanas tienen una menor energía que los liga al átomo.

El electrón que ocupa la última órbita, debido a su menor energía que lo liga al núcleo, puede - con facilidad - “escaparse” de su órbita e ir en camino a “buscar” una órbita que dejó libre otro electrón en otro átomo. Es normal que ocurra esto en todo cuerpo, esté o no cargado eléctricamente.

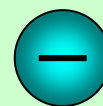
A los electrones que están en viaje entre átomo y átomo les llamaremos **electrones libres**.

Carga eléctrica:

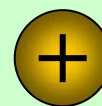
A la carga eléctrica se le designa con la letra **q**.

La unidad de medida de carga eléctrica es el Coulomb [C].

La unidad de carga eléctrica es el electrón (e) y su carga eléctrica es $e = 1,602 \times 10^{-19}$ [C]



electrón



protón

Para efectos de cálculos si la carga de un cuerpo es un número entero de electrones, se utiliza $e = - 1,6 \times 10^{-19}$ [C].

Si fuera un cuerpo que está cargado positivamente, para cálculos se utiliza $e = 1,6 \times 10^{-19}$ [C]

Si se pudiera filmar el comportamiento de los electrones libres en un cuerpo cualquiera, veríamos que se mueven en forma caótica. Y si se llegara a observar que todos se mueven en un mismo sentido entonces estaríamos ante la presencia de un cuerpo por el cual circula corriente eléctrica. Esto último por ahora no lo vamos a abordar.

Si por algún mecanismo logramos que electrones libres de un cuerpo pasen a otro cuerpo, entonces tendríamos que a un cuerpo le faltarían electrones, en consecuencia estará cargado positivamente. Y el cuerpo que los recibe, si antes estaba neutro, ahora estará cargado negativamente. Los procesos que permiten que un cuerpo se cargue eléctricamente se denominan **procesos de electrización**.

Algunas propiedades de un cuerpo cargado eléctricamente.

- Un aspecto que es interesante es en relación a la cantidad de carga que puede recibir un cuerpo. Se ha descubierto que solo puede recibir cantidades determinadas por números enteros de electrones, que es la unidad de carga eléctrica. Un cuerpo no puede, por ejemplo, tener una parte decimal de electrones pues estos no se pueden dividir. Respecto a esto un científico diría que la carga está **cuantizada**. Esto fue descubierto por Robert Millikan en 1909.
- Ya se ha mencionado anteriormente que cargas del mismo tipo se repelen y de distinto tipo se atraen. Esta atracción o repulsión entre cuerpos cargados eléctricamente permite la introducción de la existencia de fuerzas eléctricas, que serían de atracción o de repulsión.
- Alrededor de un cuerpo o partícula cargada eléctricamente se forma una zona en donde otro cuerpo o partícula cargada eléctricamente va a ser atraída o repelida por la primera, a esta zona se le llama campo eléctrico.
- Por último, y no por que sea menos importante, mencionaremos que la cantidad de carga eléctrica se conserva. Es decir, si consideramos las cargas eléctricas de todos los cuerpos, la suma total de la cantidad de carga se mantiene constante. Se verifica, entonces, que si un cuerpo "pierde" carga eléctrica hay otro u otros que la están "ganando" para sí.

Procesos de electrización:

Se trata de procedimiento que permite que un cuerpo que se encuentra neutro eléctricamente adquiera carga eléctrica de algún tipo.

Trataremos tres procedimientos, a saber: por fricción, por contacto y por inducción.

Un cuerpo que se carga eléctricamente, por algún mecanismo, se dice que adquiere carga **electrostática**.

Por fricción:

Para cargar un cuerpo neutro por el método de fricción se necesitan dos cuerpos neutros eléctricamente. Si no hay seguridad de que lo estén deberán conectarse, brevemente, a tierra.

Una vez que se tiene la seguridad de contar con dos cuerpos neutros eléctricamente se ponen en contacto y se friccionan entre sí.

Ocurre que a nivel superficial de ambos cuerpos se produce un traspaso de electrones de uno a otro cuerpo. Aquel que reciba más electrones quedará cargado negativamente y el otro, que cedió más electrones, quedará cargado positivamente.

Hay materiales que por características propias al ser frotados van a quedar con un tipo determinado de carga, por ejemplo, si frotamos piel de gato con ámbar, el ámbar quedará cargado negativamente y la piel con carga positiva. Y si frotamos un paño de seda con un trozo de vidrio el vidrio quedará cargado positivamente y el paño con carga negativa.

Cuantificación de la carga:

Aún no se detecta una carga libre cuya magnitud sea inferior a la medida de carga que tiene un electrón. Aunque se admite que al interior de los nucleones (neutrones y protones) existen unas pequeñas partículas (corpúsculos) llamadas **quarks** que tienen carga fraccionaria, por ejemplo $e/3$; $-e/3$; $2e/3$.

En términos de los quarks la cuantificación de la carga sería: toda carga que posee un cuerpo es un múltiplo entero positivo o negativo de $e/3$.

Conexión a tierra

En muchas ocasiones se necesita que un cuerpo esté neutro eléctricamente. El procedimiento que se emplea es el que se conoce como conexión a tierra. Se trata de que el cuerpo, que se supone está cargado, se conecte a la tierra mediante un conductor.

La tierra tiene la propiedad de atraer los electrones que están en exceso en un cuerpo cargado negativamente o de proveerle de electrones si está cargado positivamente.

Averigua:

¿Por qué es necesaria la conexión a tierra en una instalación eléctrica domiciliaria?

Averigua en tu casa: ¿qué tienen en común los dispositivos eléctricos o electrónicos que necesitan conexión a tierra?

¿Por qué algunos vehículos tienen una huincha que va tocando el suelo?

¿Para qué sirve la "patita" del medio de un enchufe?



En este proceso, la carga que “pierde” un cuerpo la “gana” el otro, por lo tanto la carga total entre ambos cuerpos se mantiene constante.

La electrización por fricción ocurre con más frecuencia de la que imaginamos.

Por ejemplo, un vehículo cuando está en movimiento está en constante fricción con el aire, además que sus mecanismos móviles también lo están, en consecuencia al cabo de un tiempo el vehículo se cargará eléctricamente. Seguramente más de alguna vez te habrá ocurrido que al tocar el borde de la puerta de un automóvil “te ha dado la corriente”, en este caso lo que ha sucedido es que la carga electrostática que acumuló el automóvil durante su movimiento se ha descargado a través de ti hacia tierra. De igual forma entre los artefactos que hay en una casa, muchos de ellos se cargan eléctricamente mientras están en funcionamiento, no se trata – como algunos piensan – que la corriente de la instalación eléctrica domiciliar sea la que recibe quien los llegue a tocar y sienta una descarga eléctrica, se trata de la carga eléctrica que acumuló por su funcionamiento.

Es necesario poner mucho cuidado con este tipo de carga pues, a veces, un cuerpo o artefacto aparentemente inocente posee gran cantidad de carga eléctrica y si lo tocamos con nuestras manos va a pasar a tierra a través de nuestro cuerpo.

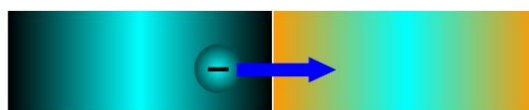
Por contacto:

Aquí necesitamos un cuerpo previamente cargado, por ejemplo negativamente, y otro neutro. Ya sabemos que hacer para asegurarnos de que esté neutro.



El procedimiento es muy simple: basta ponerlos en contacto, que se toquen entre sí.

Lo que sucede es que mientras dure el contacto la carga total que existe entre ambos cuerpos tiene a dividirse proporcionalmente según las capacidades que tiene cada uno de ellos para poseer carga eléctrica, consecuencia de esto es que el cuerpo que está cargado (negativamente se dijo) le traspasa, a nivel superficial, parte de sus electrones que tenía en exceso al que estaba neutro.



De esta forma el que estaba neutro quedará cargado negativamente y el que estaba cargado previamente seguirá cargado, pero con menor carga que la que tenía.

Al final del proceso ambos cuerpos quedan cargados negativamente y, nuevamente, se tiene que la carga total del conjunto de los dos cuerpos se mantiene constante.

Experimenta:

Uno.

Infla dos globos hasta que queden más o menos del mismo tamaño. Amárralos con hilo de coser de más o menos medio metro de largo.

Frótalos en tu pelo (debe estar seco y limpio). Ahora cuelga los globos en forma vertical uniendo los extremos de los hilos en una de tus manos.

Describe lo que sucede.

Dos.

Corta unas 10 tiras finas (de unos dos milímetros de ancho) de papel celofán y pégalas en un extremo de un lápiz con scotch. Infla un globo, frótalo en tu pelo limpio y seco. Acerca el globo a las tiritas de papel que pegaste en el lápiz.

Describe lo que sucede.

Tres.

Haz un cono con un trozo de papel. Haz una perforación en su vértice.

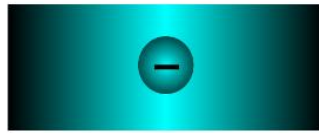
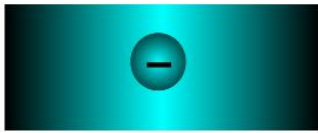
Llena el cono con agua. Debe caer un chorro fino de agua. Agranda la perforación si es necesario.

Infla un globo y frótalo en tu pelo limpio y seco.

Acerca el globo al chorro de agua.

Observa lo que sucede al chorro de agua desde diferentes posiciones.

Describe lo observado.

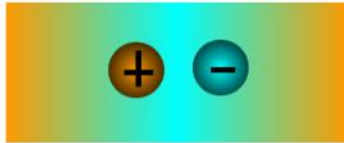
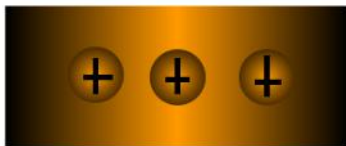


Describe el proceso de electrización por contacto si el cuerpo inicialmente cargado hubiera estado cargado en forma positiva.

Por inducción o por influencia:

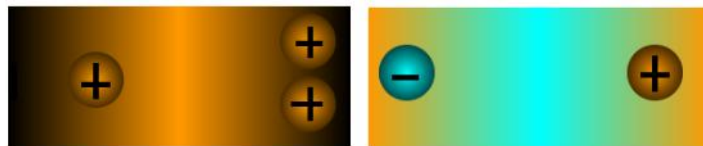
Igual que el método anterior, necesitamos un cuerpo neutro eléctricamente y otro cargado. Supongamos que el cuerpo cargado tiene carga positiva.

Se dice que un cuerpo tiene la carga eléctrica polarizada cuando la carga negativa está en un extremo y en el otro está la positiva.

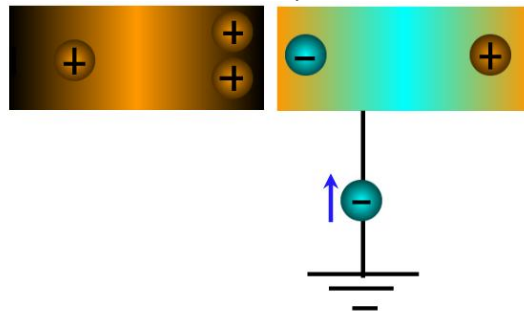


Acercamos los cuerpos sin que haya contacto.

Veremos que en el cuerpo neutro se produce una polarización, donde el cuerpo cargado positivamente atrae a la carga negativa del que está neutro.



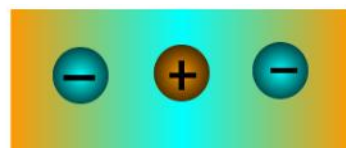
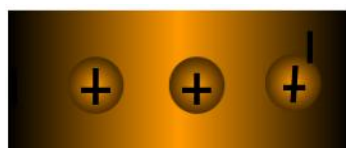
Posteriormente hacemos contacto a tierra en el cuerpo neutro.



Para que se produzca un equilibrio entre los extremos cercanos y polarizados, suben electrones de tierra hacia el cuerpo neutro a través de la conexión a tierra.

Luego se desconecta la conexión a tierra y se separan los cuerpos.

Se observará que el cuerpo neutro quedará cargado negativamente y el que estaba positivo continua así.



¿Cómo saber si un cuerpo está cargado eléctricamente o no?

Existen algunos instrumentos para verificar si un cuerpo está cargado eléctricamente; entre ellos está el **péndulo eléctrico** y el **electroscopio**.

Péndulo eléctrico:

Básicamente está compuesto de un hilo de seda (o un material

Averigua:

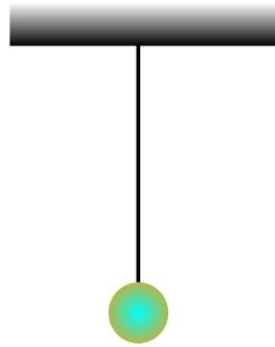
Un par de aplicaciones de la electrostática la tenemos en:

- serigrafía
- impresión de fotocopiadoras

Busca información sobre estos temas y describe el procedimiento de aplicación de la electrostática.

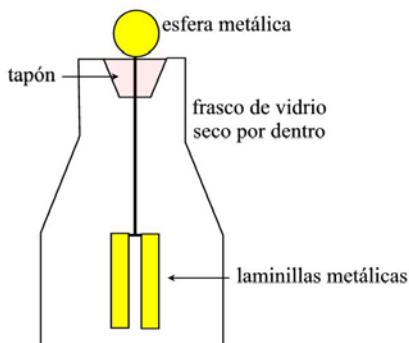
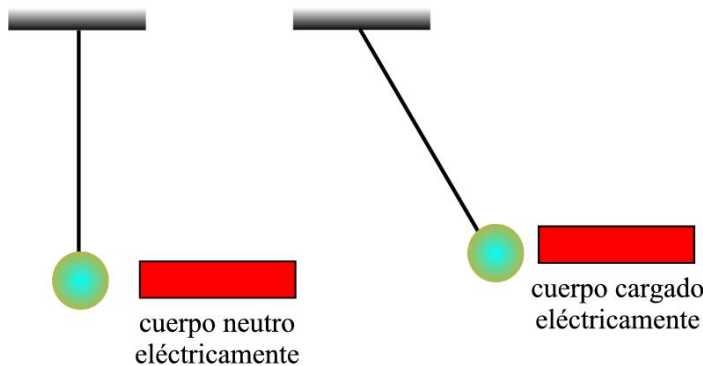
similar) y una pequeña esfera (de sauco o algún material liviano como por ejemplo, una esferita de plumavit, de un centímetro de diámetro aproximadamente).

El montaje es el que se muestra en la figura siguiente.



Para ver si un cuerpo está cargado o no el procedimiento es el que sigue:

- Verificar que la esferita del péndulo esté neutra. Para ello la conectamos a tierra por un momento.
- Acercamos a la esferita el cuerpo del que se desea saber si está cargado o no.
- Si la esferita se acerca al cuerpo significa que éste está cargado eléctricamente.
- Si la esferita no se mueve entonces el cuerpo no está cargado eléctricamente.



Electroscopio:

Está compuesto por una pequeña esferilla metálica, una varilla metálica y dos laminillas metálicas. Se une en un extremo de la varilla la esferilla metálica y en el otro extremo las dos laminillas de forma que cuelguen verticalmente. El sistema se instala en un bulbo de vidrio con aire seco en su interior.

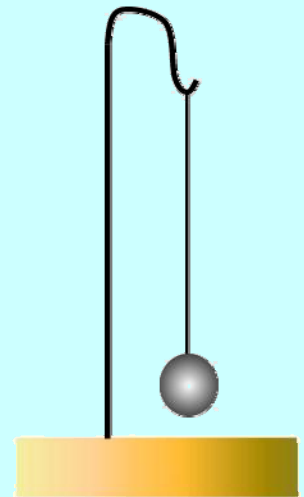
Su forma es la que se muestra:

Para saber si un cuerpo está cargado o no, el procedimiento es el siguiente:

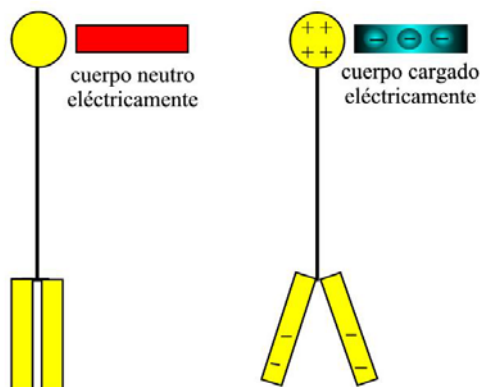
- Nos aseguramos que el electroscopio esté neutro eléctricamente, para ello hacemos que la esferilla metálica tenga contacto con tierra. Las laminillas deberán quedar verticales y paralelas.
- Acercamos el cuerpo del que deseamos saber si tiene carga eléctrica a la esferilla.
- Si el cuerpo está cargado eléctricamente (supongamos que está negativo) las laminillas metálicas se separarán. La razón es que al acercar el cuerpo cargado se produce una polarización en la carga del electroscopio yéndose carga de un tipo (positiva en nuestro caso) a la esferilla y la del otro tipo (negativa en nuestro caso) a las laminillas y como ambas quedarán con el mismo tipo de carga, entonces se separarán.
- Si el cuerpo no está cargado eléctricamente, las laminillas del electroscopio no se moverán de su posición.

Construye un péndulo eléctrico:

Materiales que necesitas:
 Una esferita de plumavit de un centímetro de diámetro.
 Un trozo de hilo de seda. Sirve también una hebra de media o panty de mujer. Incluso sirve un trozo de hilo de coser.
 Un trozo de alambre.
 Una trozo de madera.
 Construye el péndulo de la forma en que se muestra en la figura.



Para probarlo frota una regla en tu pelo limpio y seco y acércalo a la esferita. ¿Qué sucede?
 Ahora toca la esfera con la regla frotada. Separa la regla de la esfera. Acerca nuevamente, sin tocar, la regla a la esfera. ¿Qué sucede? Justifica.

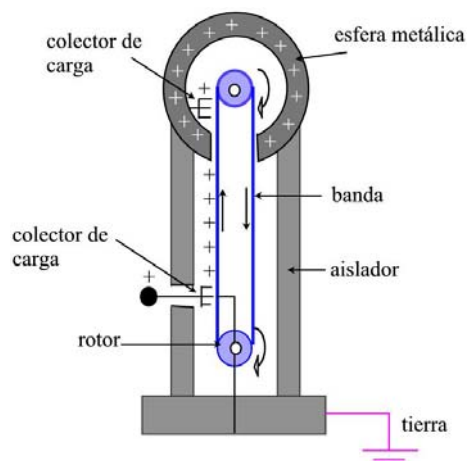


Observación: Si el electroscopio tiene una escala de medición entonces se llama **electrómetro** y serviría, además, para medir la cantidad de carga que tiene un cuerpo.

Generador de Van der Graff.

Una de las limitaciones que tienen los procedimientos de electrización que se trataron anteriormente es que la carga que puede adquirir un cuerpo, mediante esos métodos, es relativamente pequeña.

Un dispositivo que permite generar grandes cantidades de carga electrostática es el conocido como *generador de Van der Graff*, que se muestra en la figura siguiente:



Este dispositivo tiene un motor que hace girar una banda sin fin y tiene un colector de carga (A) que proporciona carga eléctrica a la banda a través de un peine, mediante la fricción. La banda transporta la carga y al friccionarse con el otro colector de carga (B) la carga es traspasada a la esfera metálica.

Este dispositivo permite una curiosidad. Si una persona, debidamente aislada (apoyando los pies sobre una superficie aislante como una goma por ejemplo) toca la esfera con la mano, el pelo de su cabeza adquirirá carga eléctrica de un solo tipo por lo que tenderán a separarse entre sí, lo que tendrá como efecto que ellos, los pelos, se erizarán.

Descarga eléctrica.



La naturaleza, de vez en cuando, particularmente en la zona centro sur de nuestro país, nos brinda un espectáculo formidable. En épocas de invierno, especialmente, se producen tempestades eléctricas y se ve surcar los cielos oscuros impresionantes relámpagos.

Esos fenómenos que no son más que descargas eléctricas que se producen por saturación de cargas en las nubes, se dirigen a tierra y si nos fijáramos donde caen, veríamos que preferentemente lo hacen en picachos o puntas sobresalientes en alguna zona de campo o de ciudad.

Si vemos el lugar donde se produce la “chispa” en un encendedor eléctrico veremos que ahí también se produce una descarga eléctrica y específicamente se dirige a una punta.

Algo tienen que ver las puntas por lo que se ve.

Cierto. Las descargas eléctricas, si se producen, se realizan desde o hacia una punta o borde.

Por esta razón sentimos que nos da la corriente, si ocurre, cuando tocamos un borde de un artefacto que funciona con motor. Producto de la fricción que hay en las piezas del motor el artefacto adquiere carga electrostática y al tocarla hacemos conexión (puente) entre el artefacto y tierra, produciéndose una descarga que viene del borde del artefacto a nuestro cuerpo.

Por esta misma razón, los pararrayos son aparatos metálicos en forma de punta que se colocan sobre los edificios. Esto es más común en países donde ocurren con más frecuencia las tormentas eléctricas.

Una descarga eléctrica dura hasta que el cuerpo desde donde se produce la descarga queda en equilibrio electrostático, es decir se neutraliza eléctricamente.

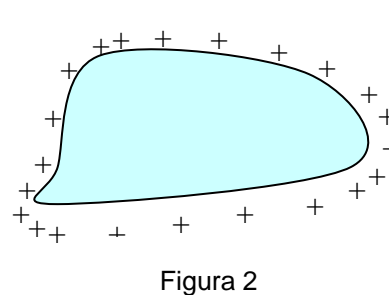
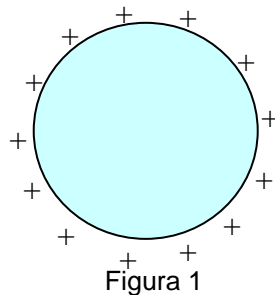
¿Dónde se acumula la carga eléctrica que adquiere un cuerpo?

Más adelante mencionaremos que existen cuerpos malos conductores de la electricidad y otros que son buenos conductores (como los metales por ejemplo).

En un material mal conductor de la electricidad la carga que adquiere se distribuye uniformemente en todo el cuerpo. En su superficie y en su interior.

En un buen conductor la carga que adquiere se distribuye en toda su superficie, y el cómo se distribuye depende de la forma de la superficie del cuerpo.

Si el cuerpo conductor que se carga es una esfera, entonces la carga se distribuye uniformemente en su superficie (figura 1), en cambio si su superficie es irregular, la carga tiene mayor densidad en la parte de la superficie con mayor curvatura (figura 2).



Esto último que se menciona da origen a la creación de la llamada **jaula de Faraday**. Se trata de cualquier cuerpo que tenga una estructura exterior metálica. Si adquiere carga eléctrica, por cualquier medio, su interior no se ve afectado.



Jaula de Faraday

Una aplicación, que no deja de ser curiosa, de la jaula de Faraday es la siguiente: Si vas en un automóvil en un día con tormentas eléctricas y cae un rayo al vehículo. Debido a que la carrocería es metálica tú, al ir en su interior, no recibirás la descarga aunque es altamente probable que la jaula, que viene a ser el automóvil, se recaliente mucho y por ello tengas algún problema serio.



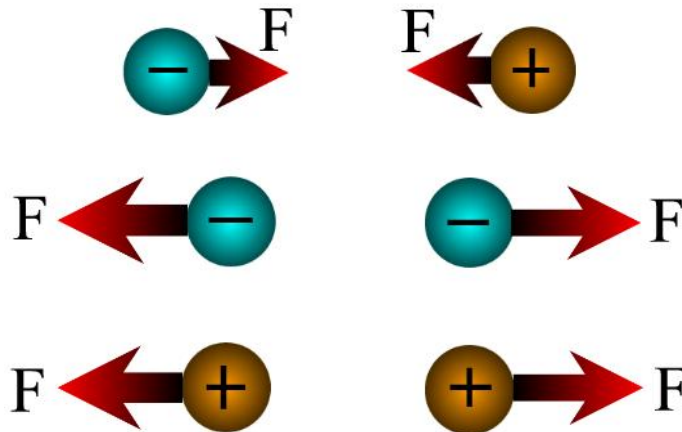
El mástil del pararrayos sostiene un largo y grueso cable tendido como "V" invertida, que es el verdadero protector de la plataforma contra las descargas eléctricas atmosféricas.

Atracción y repulsión de cargas.

Se mencionó entre las propiedades de las cargas que cuando se aproximan dos cargas del mismo tipo éstas se repelen y si son de distinto tipo éstas se atraen.

Bueno, la atracción o repulsión que pueden experimentar se manifiesta con una fuerza atractiva o repulsiva según sea el caso.

Charles Coulomb en 1785 descubrió la fuerza de interacción entre cargas eléctricas y encontró que la magnitud de ella es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. Es decir, dos cargas se atraen o repelen con mayor intensidad si se encuentran más próximas entre sí, al contrario, si se alejan la fuerza que existe entre ellas disminuye.



En homenaje a Coulomb, por su importante descubrimiento, es que la unidad de carga eléctrica lleva su nombre.

Bibliografía:

Física, volumen 2, Serway, Editorial McGraw Hill.
Física Conceptual, Paul Hewitt, Novena Edición, Editorial Pearson.
Física, Jerry Wilson, Segunda edición, Editorial Pearson.