

# LABORATORIO N° 1: ELECTROSTÁTICA Y EQUIPOTENCIALES

## ELECTROSTÁTICA

### Introducción

La existencia de fuerzas eléctricas es conocida desde la antigüedad y desde nuestra niñez sabemos que si pasamos un peine por nuestro cabello y luego le acercamos papelitos éstos serán atraídos hacia él.

Se sabía que había dos clases de electricidad: la vítrea (+) y la resinosa (-); que dos cuerpos frotados y con la misma clase se repelían, mientras se atraían dos cuerpos frotados de distinta clase.

Un trozo de telgopor frotado por una franela se cargará negativamente.

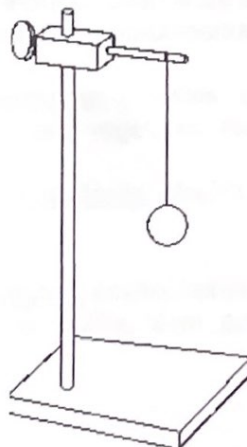
Un trozo de metal frotado con una franela se cargará positivamente.

### Péndulo eléctrico

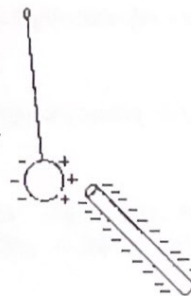
Consiste en un pequeño cuerpo, generalmente esférico, suspendido por un hilo de seda, nylon o algodón de un soporte aislante. Este sencillo instrumento, figura 1, resulta útil para detectar la electrización (o estado eléctrico) de un objeto cercano a él; para ello es necesario que la esferilla del péndulo sea liviana, por lo que generalmente se construye de plástico, corcho, telgopor o de alguno de estos materiales recubiertos con papel aluminio.



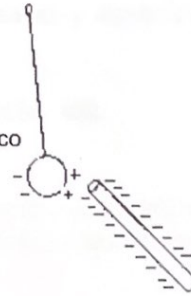
Cuando a este péndulo eléctrico se le acerca un cuerpo cargado (por ejemplo, un peine frotado con cabello) es atraído hacia él, independientemente que su esferilla sea metálica o no.



Cuerpo conductor



Cuerpo dieléctrico



Antes de tratar de explicar este fenómeno mencionaremos algunas características de los materiales.

## Conductores y Aisladores

La carga adquirida por la barra de vidrio frotada puede ser transferida, en parte, a otro objeto por contacto físico entre ellos.

Materiales que como los metales conducen el estado eléctrico (cargas) se llaman conductores, en caso contrario son aisladores o dieléctricos.

Lo que distingue a estos dos tipos de materiales es que en los conductores los electrones más externos de los átomos, electrones de valencia, pueden moverse con relativa libertad en el interior del metal, aunque no pueden liberarse fácilmente de él. En contraste, en los aisladores hasta los electrones de valencia están fuertemente ligados a sus respectivos núcleos. Así, cuando un objeto cargado que se aproxima a un péndulo eléctrico de esferilla metalizada (papel de aluminio), los electrones libres de su superficie se redistribuirán como lo muestra la figura 1(a). Como las cargas positivas están más cerca del objeto cargado (negativo), la fuerza neta será atractiva. En el caso que el objeto que se acerca está cargado positivamente, la redistribución de cargas en la esferita será opuesta a la mostrada en la figura. Resultando nuevamente fuerza neta atractiva.

Aquí hay que destacar los siguientes hechos:

- La proximidad del cuerpo cargado induce una redistribución de la carga en el otro cuerpo, el cual, por ser conductor, lo permite.
- Si el cuerpo estaba inicialmente descargado, continuará estando descargado en forma neta, mientras el cuerpo cargado está próximo, aunque ahora una de sus partes, la izquierda, tiene carga (+) y la otra tiene carga (-).

No obstante, por lo que acabamos de decir, la carga (-) de la parte derecha es exactamente la misma en valor absoluto que la (+) de la otra parte. Por ello, la mayor proximidad del cuerpo cargado a la parte con carga opuesta (+) resulta en una fuerza atractiva mayor que la repulsiva sobre la derecha (-).

En el caso de materiales aislantes el fenómeno microscópico que ocurre es diferente, pero el estado final en la esferita es una distribución superficial, similar a la mostrada en la figura, resultante de la polarización del material en presencia del campo eléctrico externo. La fuerza neta actuante sobre la esferita dieléctrica será atractiva.

En realidad, no existen aisladores perfectos, sino sustancias que poseen grados intermedios de conductibilidad entre los metales y la seda. Las sustancias de conductibilidad media suelen llamarse semi-aisladores. Por ejemplo:

Conductores: metales, carbón, grafito, soluciones acuosas de sales y ácidos, organismos animales y vegetales, etc.

Semi-aisladores: alcohol, éter, mármol, madera seca, papel, algodón, etc.

Aisladores: aceite, kerosén, agua purísima, tiza, goma, ebonita, seda, lana, ámbar, vidrio, resinas, azufre, lacre, porcelana, diamante y la generalidad de las piedras nobles, etc.



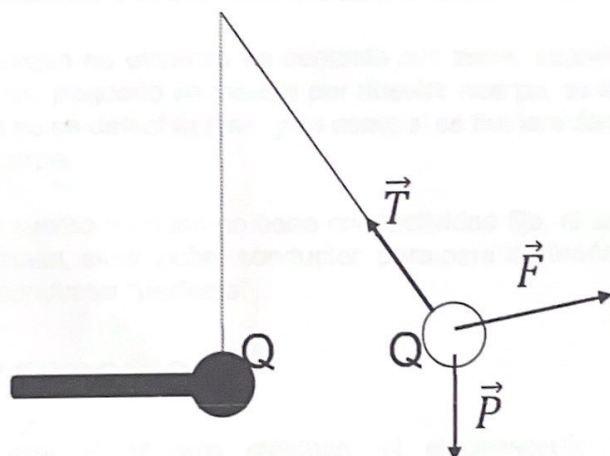
Generalmente, los conductores neutros son cargados por contacto con otros objetos metálicos cargados; siempre se transfiere carga cuando un conductor cargado toca a otro descargado. Ello no necesariamente ocurre si alguno de ambos es aislador.

Sabemos que la carga transferida por contacto a un conductor se distribuirá sobre su superficie y será del mismo signo que el objeto que lo cargó.

### ***¿Cuánta carga se transfiere entre dos conductores en contacto?***

Realicemos la siguiente experiencia:

Consideremos un péndulo eléctrico metálico descargado A. Si acercamos a él una esferita metálica cargada B (idéntica a la del péndulo provista de un mango aislante, el péndulo A será atraído hacia ella. Si los ponemos en contacto, parte de la carga de B se transferirá a A y ambos cuerpos se repelerán.

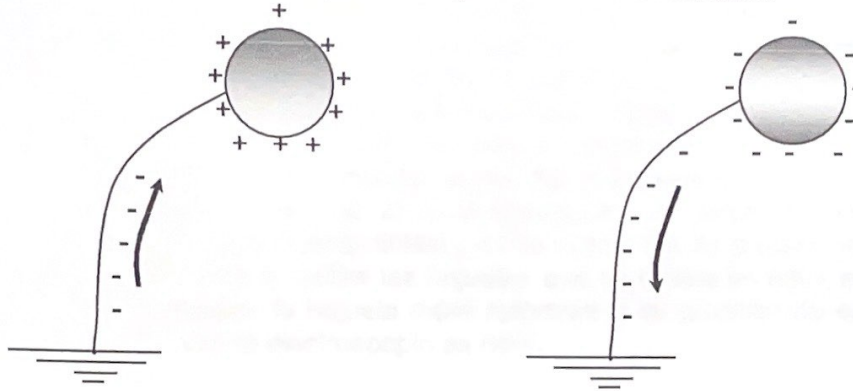


Analizando las fuerzas actuantes sobre A en el equilibrio, es posible estimar la carga Q en ambas esferas. Si bien es difícil lograr las condiciones experimentales para determinar Q con precisión, es fácil hacer alguna estimación del valor de Q. Cosa que dejamos a su cargo y le será requerido más adelante como actividad experimental.

El procedimiento es útil para estimar cuantitativamente no sólo la carga Q, sino el potencial electrostático V de cada esfera y el campo eléctrico E en su superficie.

Para descargar cada esfera basta tocarla con un dedo de la mano. Durante el contacto habrá una circulación de carga a través de nuestro cuerpo (que es conductor), que neutralizará la carga de la esfera. Si la carga de la esferita era inicialmente positiva, ocurrirá, a través de nuestro cuerpo, una circulación de electrones provenientes de la tierra (conductor), que atraídas por las cargas positivas de la esferita llegarán a ella hasta neutralizarla. En caso contrario, si la carga inicial era negativa, el exceso de electrones que posee se transferirá a la tierra, a través de nuestro cuerpo, eliminando la carga inicial.

Esta conexión a tierra ( $V = 0$  V) de los objetos metálicos resultará:



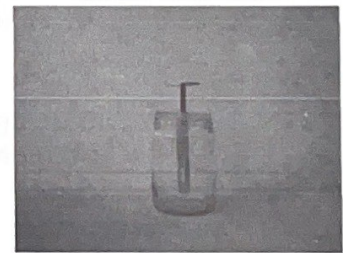
Nota 1: la descripción anterior nos permite concluir que debemos ser muy cuidadosos cuando manipulamos objetos metálicos cargados; siempre debemos mantenerlos lo más aislados posibles de nuestro cuerpo, es decir del contacto con la tierra. Este es el sentido del uso de mangos, soportes o bases aislantes para transportar conductores cargados.

Nota 2: aunque no estemos en contacto con tierra, cuando una pequeña cantidad de carga de un cuerpo pequeño se reparte por nuestro cuerpo, su densidad se hace tan baja que sus efectos ya no se detectan más, y es como si se hubiera descargado "a tierra": se descargó en nuestro cuerpo.

Nota 3: el cuerpo humano no tiene conductividad fija, ni uniforme, y no es "buen conductor", como un metal, es un pobre conductor; pero para los fenómenos electrostáticos se comporta como un conductor "perfecto".

## Electroscopio

Al igual que el péndulo eléctrico, el electroscopio es un instrumento para detectar la presencia de cargas eléctricas. El aparato que utilizaremos en este práctico es de "construcción casera" y consta de una varilla metálica a la cual se le adosa en su extremo inferior una hoja metálica fija y una delgada hoja de aluminio. La varilla se introduce dentro de un frasco de vidrio, por cuya tapa roscada se hace pasar (por su centro) el extremo superior de la misma, que se ajusta a la tapa mediante un buje aislante. Finalmente, en el extremo superior de la varilla se suelda una placa metálica de forma circular (o redondeada), para evitar el "efecto de las puntas".



Si tocamos la placa metálica del electroscopio con un objeto cargado negativamente (cuerpo de prueba) parte de esa carga se transferirá al electroscopio durante el contacto. Los electrones transferidos a la placa se moverán hacia abajo, pues al repelerse entre sí, se distribuirán para mantenerse lo más alejado que sea posible unos de otros. Así, parte de esa carga aparecerá en las hojuelas (fija y móvil) del electroscopio, produciendo una repulsión entre ellas que resulta en un visible apartamiento de la hojuela móvil. El ángulo formado entre las hojuelas dependerá de la distribución y cantidad de carga depositada en ellas (y en el electroscopio). Debido a ello es difícil cuantificar la carga que hay en él, por lo que sólo será un indicador cualitativo.

Algo similar ocurre si el cuerpo que contacta con la placa está cargado positivamente. Aquí los electrones móviles del cuerpo del electroscopio fluirán hacia la placa metálica superior



dejando los átomos de las hojuelas con defecto de carga negativa, es decir, cargado positivamente, lo que también producirá la repulsión de las mismas.

En ambos casos, al retirar el cuerpo de prueba, éste se habrá descargado parcialmente, y el electroscopio quedará cargado con cargas del mismo signo de dicho cuerpo.

No es necesario un contacto directo para desplazar cargas en el electroscopio. Puede verse experimentalmente que al aproximar un objeto cargado a él, las hojuelas se separarán apreciablemente antes que el contacto ocurra. Así la presencia cercana del objeto cargado, induce un movimiento de cargas en el electroscopio, de forma que las cargas de signo contrario a la del objeto abundarán sobre y en las cercanías de la placa metálica y cargas del mismo signo se encontrarán sobre las hojuelas que se repelerán entre sí. Cuando el objeto se aleja del electroscopio, la hojuela móvil retornará a su posición de equilibrio vertical, ya que la carga neta sobre el electroscopio es cero.

Este hecho puede utilizarse para cargar el electroscopio "por inducción":

1. Coloque el electroscopio sobre una mesa no metálica o una superficie aislante.
2. Asegúrese de que el electroscopio tenga una carga inicialmente neutra. Si no es así, descargue el electroscopio tocando su parte metálica con un objeto conductor, como una moneda o con su dedo. Las hojuelas deben estar juntas.
3. Tome la varilla positiva y acérquela al electroscopio, sin tocarlo. La varilla debe estar lo suficientemente cerca como para que el campo eléctrico generado por ella afecte al electroscopio. La varilla inducirá una redistribución de las cargas en él, de forma que en la placa metálica superior encontramos un exceso (local) de cargas negativas, atraídas por las positivas del cuerpo. Las hojuelas se separarán por repulsión entre las cargas positivas que tienen ellas.
4. Mientras mantiene la varilla positiva cerca del electroscopio, toque la parte metálica del electroscopio con el dedo. Los electrones se dirigen a tierra ( $V = 0V$ ).
5. Retire la conexión a tierra (el dedo) y aleje la varilla positiva del electroscopio.
6. Las cargas positivas se redistribuyen y el electroscopio queda cargado positivamente.

Una ventaja de este procedimiento es que el cuerpo de prueba (la varilla en este caso) no pierde nada de su carga (ya que no ha existido contacto) y puede ser utilizado para otra experiencia.

***¿Qué se observará si a este electroscopio le acercamos un objeto con carga negativa?  
Explique, ¿cómo haría para cargar por inducción una esfera metálica?***

## Electróforo de Volta

Es una sencilla máquina electrostática que resulta eficaz para obtener cargas mucho mayores que las obtenidas hasta ahora, recurriendo nada más que al simple frotamiento.

El que utilizaremos en esta oportunidad, consta de una base constituida por un disco de telgopor y de una placa conductora de metal que posee un mango aislante (agarradera).

El procedimiento más usual para cargar la placa conductora es por inducción electrostática, y se realiza de la forma siguiente:

1. Frote enérgicamente la placa de telgopor con un paño de lana, logrará así cargarla.
2. Tome la placa conductora por su agarradera y apóyela sobre la del telgopor: el conductor se carga por inducción.





3. Toque la placa conductora con la otra mano: las cargas negativas se irán a tierra por su cuerpo.
4. Retire la mano manteniendo la placa conductora contra la de telgopor.
5. Levante la placa metálica, siempre tomada de la agarradera y sujetándola lo más lejos del metal, las cargas positivas se redistribuirán sobre toda la superficie metálica.

Ahora usted puede usar estas cargas en el experimento que haya preparado.

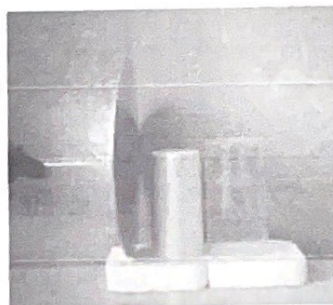
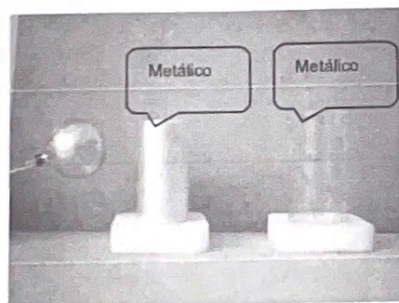
¿Podrá cargarse el electróforo frotando la placa conductora sobre la base de telgopor?

Explique.

### Conductores con base aislante

Para realizar las experiencias eléctricas, que se proponen en la guía de laboratorio, será necesario disponer de elementos conductores capaces de retener cargas eléctricas y poder transportarlas. Para ello estos deberán estar aislados eléctricamente de tierra. Este es el caso de las esferitas de telgopor recubiertas con papel de aluminio provistas de un mango de plástico (aislante).

Además, se han construido cilindros metálicos (de chapa de aluminio, cobre o bronce o de hojalata de envases descartables) provistos de una base aislante. La figura muestra los elementos descriptos.



La esferita puede ser cargada por contacto (con el electróforo, por ejemplo).

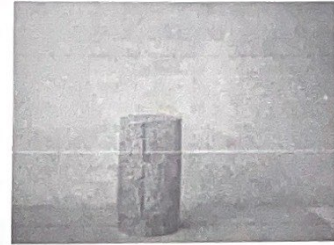
Disponiendo de dos cilindros metálicos, estos pueden ser cargados con el electróforo por inducción.

Para lograrlo proceda así:

1. Disponga sobre la mesa dos cilindros sobre la base aislante, A y B, de modo que sus cuerpos metálicos estén en contacto.
2. Aproxime a ellos (igual a 1 cm) la placa metálica del electróforo y manteniendo la placa en esa posición aleje al conductor B del A algunos centímetros. Retire la placa cargada. Los conductores A y B tienen ahora cargas de distinto signo. Compruébelo con el electroscopio, o con el péndulo eléctrico.

# Jaula de Faraday

La jaula de Faraday permite observar como el campo eléctrico de carga que está fuera no penetra en su interior. Consiste de un recipiente metálico (o cuerpo metálico hueco), conectado o no a tierra, cuyas paredes pueden ser discontinuas (tejido de alambre por ejemplo).



La jaula de Faraday funciona como un dispositivo impermeable a toda acción eléctrica exterior, pantalla eléctrica, aislando así eléctricamente a su recinto interior. Esto puede comprobarse cubriendo con ella el electroscopio y acercando a la jaula, por el exterior, un objeto cargado. El electroscopio no se moverá. También los recipientes metálicos pueden servir como jaula de Faraday. Si suspendemos dos tiras de papel, una por la parte interior y otra por la parte exterior del cilindro y cargamos éste utilizando el electróforo, se verá que la hoja exterior se separa del metal, en tanto que la otra permanece vertical.

Esto demuestra que no existen cargas ni campo eléctrico en el interior del cilindro.

Para comprobarlo, intente extraer cargas de su interior introduciendo un trozo de alambre suspendido de un hilo. Toque con el alambre la pared interior del cilindro (o su base) retírelo y pruebe con el electroscopio si el alambre se cargó. También podemos colocar el péndulo dentro del cilindro, aunque esté cargado. Pero el péndulo en el exterior si es atraído por las cargas en el interior. Trate de dar una explicación a esto.

## Cuestionario 1

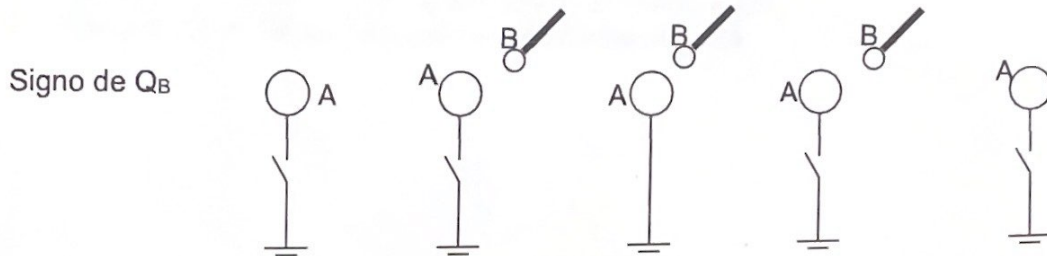
Una bolita metálica en el extremo de un cuerpo aislante es aproximada al plato del electroscopio, el cual, está previamente descargado y así sigue, sin indicar absolutamente nada. Inmediatamente se aproxima esta bolita al péndulo, el cual es atraído. Grafique la situación planteada y luego:

1. Interprete lo que nos indican estos datos acerca de dónde tiene que haber habido carga y dónde no. Indique las cargas en los dibujos. Indique si usted puede elegir arbitrariamente algunos signos. Indique dónde se polariza eléctricamente la materia.
2. Explique paso a paso un procedimiento por el cual puede haberse llegado a esa situación a partir de tener inicialmente todos esos objetos completamente descargados. Explique, para cada uno de ellos, cómo se cercioraría de que estuviera descargado.



## Cuestionario 2

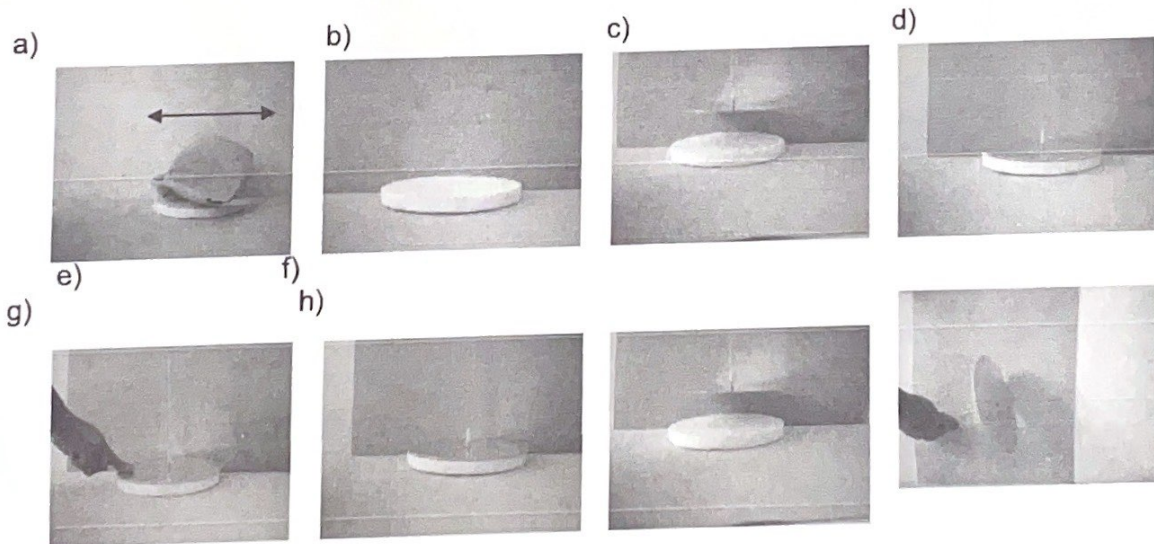
Las figuras muestran esquemáticamente una secuencia de eventos ordenados según ocurren (considere que la esfera A es conductora y está inicialmente descargada, mientras que la B tiene carga, del signo que usted elija):



Explique en qué momentos hay movimiento de cargas, qué cargas, es decir qué partículas son las que se mueven, cómo y hacia dónde.

## Cuestionario 3

Suponga que se utiliza el electróforo para obtener (por inducción) carga en la placa metálica. A continuación se esquematiza una secuencia típica de pasos:



- Frotar paño con telgopor
- Alejar el paño del telgopor
- Acercar el electróforo de Volta al telgopor
- Poner en contacto al electróforo de Volta con el telgopor
- Tocar el electróforo de Volta
- Alejar la mano del electróforo de Volta
- Alejar el electróforo de Volta del telgopor
- Analizar cargas electrostáticas

Grafique las cargas eléctricas en cada elemento mostrado en los distintos instantes de tiempo.



## Cuestionario 4

1. Explique por qué un peine luego de ser utilizado con el cabello seco usualmente atrae pequeños trocitos de papel.
2. Describa la utilidad y el funcionamiento del electroscope.
3. Explique cómo puede cargarse un electróforo de Volta.