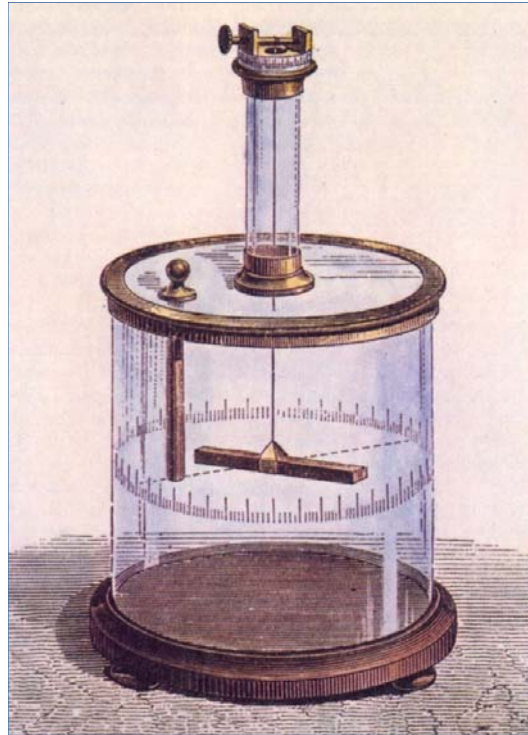


6.1



E
L
E
C
T
R
O
S
T
Á
T
I
C
A

Charles Augustine de Coulomb (1736-1806)

Balanza de Coulomb



Grabado de "Búsqueda sobre las causas Particulares de los fenómenos eléctricos" Del abate Nollet

Michael Faraday (1791-1867)

FENÓMENOS ELÉCTRICOS FUNDAMENTALES

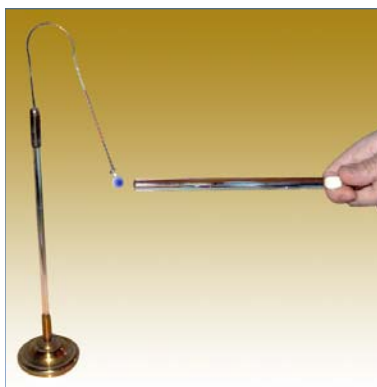
Todos los cuerpos son susceptibles de adquirir, mediante frotamiento, la propiedad de atraer los cuerpos ligeros. Se dice entonces que está *electrizado*; este estado no es permanente, y cuando recobra el anterior, se dice que se halla en estado *neutro*.

Una varilla de ámbar, ebonita, etc., al ser frotada con un trozo de lana, con piel o con otras sustancias naturales y artificiales adquiere la propiedad de atraer hacia el extremo frotado los cuerpos a los que se aproxima. Naturalmente se trata de una fuerza de atracción muy débil, por lo que para manifestarse requiere que se ejerza sobre cuerpos muy ligeros y móviles, que se hallen próximos al extremo de la varilla, puesto que la fuerza disminuye rápidamente con la distancia.

PÉNDULO ELÉCTRICO

Para verificar el estado de electrización se suele utilizar el **péndulo eléctrico**, formado por una bolita muy ligera de médula de saúco u otra sustancia recubierta de papel de aluminio y suspendida de un hilo de seda.

Cuando, al manifestarse la atracción, el péndulo toca la varilla electrizada, se produce una repulsión. Si el péndulo se encuentra bien aislado, puede mantener su estado eléctrico, de modo que al acercarle un cuerpo electrizado, se mantiene una fuerza de atracción o de repulsión. Esta experiencia indica la existencia de *dos clases de electrización*, que se distinguen como *positiva* y *negativa* (a veces *vítrea* y *resinosa*, por corresponder al vidrio y a la ebonita), cuyas acciones sobre el péndulo cargado son opuestas.



Nº inv.: 06.1 / 187

Fecha desconocida
desconocida

Fabricante desconocido

Metal, hilo y vidrio

$\Phi = 6 \text{ cm}$ $h = 34 \text{ cm}$

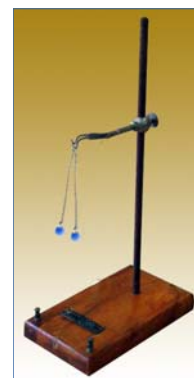
Nº inv.: 06.1 / 188

Fecha

Fabricante desconocido

Madera, metal e hilo

$\Phi = 11 \text{ cm}$ $h = 32 \text{ cm}$



Se observa que: **Cuerpos con electricidad del mismo nombre se repelen; con electricidades de distinto nombre se atraen.**

No todos los cuerpos se electrizan con la misma facilidad, ni manifiestan dicho estado en las mismas condiciones; las resina, gomas, el azufre, el vidrio, etc., se electrizan fácilmente y manifiestan dicho estado aun cuando se los sostenga con la mano directamente; la mayor parte de los cuerpos, y en especial los metales, no manifiestan el estado eléctrico, aunque lo alcancen fácilmente, sino cuando se los sostiene mediante un mango o cubierta de uno de los primeros cuerpos citados. Se dice entonces que está *aislado*. Todo metal convenientemente aislado, puede electrizarse por frotamiento.

Podemos distinguir dos tipos de cuerpos: unos, como el vidrio, la mica, el lacre, etc., son *malos conductores* y se les llaman *dieléctricos* o *aisladores* porque conservan la electricidad, la aíslan. Los metales, el cuerpo del hombre, el agua, etc. dan paso a la electricidad y son *conductores*, porque propagan la electricidad.

Un conductor electrizado presenta grandes ventajas respecto de un aislador para la investigación de la electricidad. Un conductor puesto en contacto con un cuerpo electrizado, aunque sea solamente por un punto, queda electrizado por entero; y, recíprocamente, basta con poner uno de sus puntos en comunicación con la tierra para que desaparezca el estado eléctrico.

La primera aplicación que puede hacerse de este modo singular de portarse los conductores, es la construcción de un aparato para indicar si un cuerpo está o no electrizado.

ELECTROSCOPIO

Los electroscopios son aparatos destinados a reconocer el estado eléctrico de los cuerpos. La forma más conocida es la del **electroscopio de panes de oro**. Consta de una barra metálica, que atraviesa el tapón aislador de un frasco o campana de vidrio, y que termina exteriormente en una esfera, e interiormente, en dos laminillas de oro (o de aluminio), sumamente delgadas, pendientes de un extremo, las cuales divergen en cuanto se hallan electrizadas.



Nº inv.: 06.1 / 189
Fecha desconocida
Fabricante desconocido
Madera, metal y vidrio
 $\Phi = 8 \text{ cm}$ $h = 15 \text{ cm}$



Nº inv.: 06.1 / 190
Fecha desconocida
Fabricante desconocido
Madera, metal y vidrio
 $\Phi = 11 \text{ cm}$ $h = 32 \text{ cm}$



Nº inv.: 06.1 / 191 a
Fecha desconocida
Fabricante: Arthur Utz, Berna
Metal y vidrio
 $\Phi = 20 \text{ cm}$ $h = 35 \text{ cm}$

Para ver si un cuerpo está electrizado, se le aproxima a la esfera exterior; su influencia se apreciará en seguida por la divergencia de las láminas. Si se toca la esferilla exterior con una varilla de vidrio no electrizado, las laminillas permanecen indiferentes porque el vidrio es un aislador; pero si se toca con un cuerpo metálico, sin tener la precaución de aislarlo, o simplemente con los dedos, desaparece la divergencia de las laminillas, porque la electricidad que las mantenía separadas se ha propagado a tierra. De esta manera se reconoce inmediatamente que el aire es un aislador, ya que la esferilla del aparato se halla continuamente en contacto con él y, no obstante, las laminillas conservan su divergencia.

DISTRIBUCIÓN DE LA ELECTRICIDAD EN LOS CONDUCTORES

Para reconocer la electrización en los diversos puntos de un conductor, se hace uso del **plano de prueba**, debido a *Coulomb*, que consiste en un pequeño disco metálico, sujeto a una varilla aisladora. Tocando con él el conductor cargado y aislado, al retirarlo conserva la carga del punto de contacto, que puede reconocerse mediante un electroscopio. Cada vez que ha de usarse se le debe descargar previamente.

En los conductores en equilibrio, la electricidad existe solamente en la superficie externa. Si la superficie es esférica, la carga es uniforme en toda ella; si no lo es, dicha carga se reparte de modo desigual.

La **esfera hueca de Coulomb** nos permite observar ese fenómeno. Consiste en una esfera hueca y aislada, que lleva un orificio en su superficie.

Se electriza previamente la esfera. Se toca el interior con un plano de prueba, o una hojilla metálica aislada por un mango de vidrio, y acercando esta a un péndulo de saúco, no le atrae; pero tocando un punto cualquiera exterior de la esfera, el plano de prueba aparece electrizado. Es más; si en el estado de electrización se le introduce en la esfera hueca hasta tocar con ella, pierde la electricidad adquirida. Los dos hechos prueban que la electricidad se dirige a la superficie exterior.



Nº inv.: 06.1 / 192
 Fecha: 1874
 Fabricante desconocido
 Madera, metal y vidrio
 $\Phi = 16 \text{ cm}$ $h = 41 \text{ cm}$



Nº inv.: 06.1 / 193
 Número de ejemplares: 2
 Fecha: 1874
 Fabricante desconocido
 Madera, metal y vidrio
 $39 \times 18 \times 39 \text{ cm}$

Los **conductores cilíndricos** son otro tipo de conductores, utilizados en los laboratorios, para realizar experiencias de electrostática y ver el comportamiento de las cargas eléctricas. A este tipo de conductores se les coloca pendulitos dobles y se observará que divergen. También sirven para ver la **electrización por influencia**, que es la que se produce en un cuerpo por su proximidad a otro electrizado. Este fenómeno se denomina también **inducción**; el cuerpo que es causa de la electrización de los demás, se llama **inductor**, y los que sufren su influencia, **inducidos**, o **electrizados por influencia**. Otro accesorio que se les puede incorporar es uno en forma de “peine” para observar el “efecto de las puntas”.

Sabemos que la carga de un conductor en equilibrio está distribuida sobre su superficie exterior, y para juzgar la forma en que se halla distribuida, se expresa con el nombre de **densidad eléctrica** en un punto la carga que corresponde a la unidad de superficie alrededor de dicho punto; cuando no se expresa punto determinado, la densidad eléctrica quiere decir la **carga media por unidad de superficie**.

En una esfera aislada, la distribución es uniforme, o la densidad sobre todos sus puntos la misma; pero en los conductores no esféricos, la densidad aumenta hacia los extremos. En general, el valor de la densidad llega al máximo en las partes más salientes o agudas.



Nº inv.: 06.1 / 194
 Fecha desconocida
 Fabricante: Bretón
 Madera y metal
 $28 \times 25 \times 15 \text{ cm}$



Nº inv.: 06.1 / 195
 Fecha desconocida
 Fabricante desconocido
 Metal y vidrio
 $\Phi = 7 \text{ cm}$ $h = 31 \text{ cm}$

Nº inv.: 06.1 / 196
 Nº ejemplares: 5
 Fecha desconocida
 Fabricante desconocido
 Metal
 Diferentes tamaños



Para que los cuerpos conserven su estado eléctrico, han de ser redondeados y evitar en su superficie las aristas, y, sobre todo, los vértices. Un conductor terminado en punta no puede conservar la electricidad, ya que las cargas se acumularán en ella; y como el aire solamente es un poco aislante si es muy seco, las cargas terminarán marchandose. Así es que los aparatos destinados a retener la electricidad, rematan en superficies esféricas o redondeadas. La **acción de las puntas**, o sea la propiedad de dar salida a la electricidad, fue descubierta por *Franklin*, y se aplica en los pararrayos.

Estos efectos pueden ponerse de manifiesto mediante distintos aparatos. Entre los más llamativos figura el **molinete eléctrico**, que consiste en un conductor terminado en puntas móviles dobladas, como los extremos del molinete hidráulico, que previamente cargado posee una fuerte electrización en las puntas y los campos eléctricos originados en las proximidades de sus extremos ionizan el aire circundante. La reacción se manifiesta mediante la rotación de los conductores hasta que las puntas quedan descargadas. Si el conductor termina en hilos, cabellos o laminitas delgadas de papel, etc, al mismo tiempo que se descarga, se erzan éstas, separándose por su divergencia en todas direcciones.



Nº inv.: 06.1/191 b
 Fecha desconocida
 Fabricante: Arthur Utz, Berna
 Metal y vidrio
 20 x 20 x 35 cm



Nº inv.: 06.1/191 c
 Fecha desconocida
 Fabricante: Arthur Utz, Berna
 Metal, vidrio e hilo
 20 x 20 x 35 cm



Nº inv.: 06.1/191 d
 Fecha desconocida
 Fabricante: Arthur Utz, Berna
 Metal y vidrio
 20 x 20 x 35 cm

Combinado con este aparato tenemos el llamado **campanario eléctrico**. Está compuesto por un molinete eléctrico que gira una vez se ha cargado eléctricamente. En los distintos brazos hay colgadas, de finos hilos, una pequeñas bolitas que van golpeando a unas campanillas situadas debajo, produciendo diferentes sonidos.



Nº inv.: 06.1/197
 Fecha: 1874
 Fabricante desconocido
 Latón y vidrio
 $\Phi = 12 \text{ cm}$ $h = 30 \text{ cm}$

Nº inv.: 06.1/198
 Fecha: 1874
 Fabricante desconocido
 Latón y vidrio
 $\Phi = 20 \text{ cm}$ $h = 54 \text{ cm}$



Para mostrar los efectos del campo eléctrico sobre un cuerpo cargado se utiliza el llamado **granizo eléctrico**. Esta experiencia fue debida a Volta, que se relaciona con la explicación que daba sobre la formación del granizo. Mediante una máquina eléctrica se crea un campo eléctrico entre la placa inferior de la campana de cristal y la que está conectada a la esfera superior. La distancia entre las dos placas la podemos variar a voluntad. Entre las placas se colocan pequeñas esferillas. A consecuencia del campo eléctrico creado entre las placas, las pequeñas esferas se mueven hacia la placa de arriba hasta entrar en contacto con él; entonces pierden la carga y caen al fondo para volverse a cargar y repetir el proceso.

LEY DE COULOMB

Si dos cuerpos cargados ejercen la misma fuerza sobre la misma esferilla de saúco y a la misma distancia, se dice que tienen la misma cantidad de electricidad. Si uno de ellos ejerce una fuerza doble, se dice que tiene una carga doble.

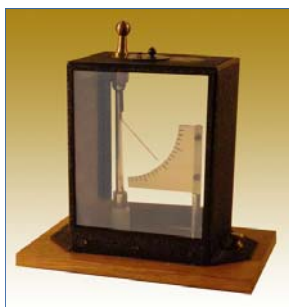
La fuerza que se manifiesta entre dos cuerpos electrizados varía con la distancia. Para descubrir esta relación debe recurrirse a la experimentación con cuerpos suficientemente pequeños para que puedan considerarse como puntos. De este modo halló *Coulomb* en 1785 la siguiente ley fundamental: *“La fuerza que actúa sobre dos cuerpos electrizados, de pequeñas dimensiones, es igual al producto de sus cantidades de electricidad dividido por el cuadrado de la distancia que las separa; es atractiva cuando los dos cuerpos tienen electricidad de signo contrario y repulsiva cuando tienen electricidad del mismo signo”*.

La ley de Coulomb, tal y como ha sido enunciada, no indica la dependencia entre la fuerza y la naturaleza del medio que separa los dos cuerpos cargados. La ley de Coulomb exige, para ser exacta de un modo general, un complemento que fue descubierto por *Faraday* en 1837. El medio modifica la intensidad de la fuerza que se ejerce entre las cargas. Por ese motivo hay que introducir un factor de proporcionalidad k , que se toma igual a 1 en el sistema electrostático (c.g.s.), es decir, si se expresa F en dinas, d en centímetros, y Q_1, Q_2 en unidades electrostáticas. De aquí que se ha convenido en elegir como *unidad de carga eléctrica, en el sistema cegesimal, la de tiene una esferita actuando sobre otra exactamente igual que situada en el aire a la distancia de 1 centímetro la rechaza con la fuerza de una dina*.

Dicha unidad es muy pequeña para determinadas medidas, por lo cual se usa normalmente, como unidad práctica la correspondiente al Sistema Internacional que equivale a $3 \cdot 10^9$ veces aquella y recibe el nombre de **Culombio**.

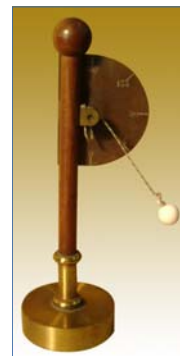
ELECTRÓMETROS

Los electrómetros permiten comparar una carga eléctrica con otra tomada como unidad. Para esto, a los electroscopios se le agrega un cuadrante con divisiones, para la medida de la desviación.



Nº inv.: 06.1 / 199
Fecha desconocida
Fabricante: Material Pedagógico
CULTURA (Madrid)
Madera, metal y vidrio
15 x 10 x 13 cm

Nº inv.: 06.1 / 200
Fecha desconocida
Fabricante desconocido
Latón, madera e hilo
 $\Phi = 7,5 \text{ cm}$ $h = 15 \text{ cm}$



Uno de los más usuales es el **electrómetro de Kolbe**. Consiste en un conductor vertical, aislado en el interior de una caja prismática, al que va unida una laminilla de aluminio por uno de sus extremos, de modo que puede desviarse formando ángulo con él. Dicho conductor termina en una bola metálica. Cuando se electriza el conductor (operando como el electroscopio de panes de oro) la desviación, medida por la escala graduada que recorre su extremo libre, nos da a conocer la magnitud de la carga de aquel.

El **electrómetro de Hanley o de cuadrante** consta de una varilla conductora que lleva un semicírculo graduado, de cuyo centro sale un eje móvil (o un hilo) terminado con una bolita de médula de saúco.

Cuando se acerca la bolita a un cuerpo electrizado, se carga y según sea la desviación señalada así será la carga adquirida.

OTROS APARATOS PARA OBSERVAR LOS EFECTOS DE LAS CARGAS ELÉCTRICAS



Nº inv.: 06.1 / 191 e
Fecha desconocida
Fabricante: Arthur Utz, Berna
Metal y vidrio
20 x 20 x 35 cm



Nº inv.: 06.1 / 191 f
Fecha desconocida
Fabricante: Arthur Utz, Berna
Metal y vidrio
20 x 20 x 35 cm

AISLADORES



Nº inv.: 06.1 / 201
Fecha desconocida
Fabricante desconocido
Metal y vidrio: $\Phi = 8 \text{ cm}$ $h = 12 \text{ cm}$
Metal y vidrio: $\Phi = 7,5 \text{ cm}$ $h = 23 \text{ cm}$



Nº inv.: 06.1 / 202
Fecha: 1874
Fabricante desconocido
Metal y vidrio
 $\Phi = 2,5 \text{ cm}$ $h = 63 \text{ cm}$

POTENCIAL ELÉCTRICO. CAPACIDAD ELÉCTRICA

La carga que posee un cuerpo no es suficiente para caracterizar su estado eléctrico. Una misma carga no produce los mismos efectos en varios conductores de formas o dimensiones diferentes. El estado eléctrico de un cuerpo se caracteriza por su *potencial*. Si con una misma cantidad de electricidad, se carga primero una esfera metálica relativamente pequeña, y luego otra mayor, el potencial eléctrico, o tensión, será mayor en el caso de la esfera pequeña que en el de la grande.

Se dice que dos cuerpos electrizados están al mismo potencial cuando al ponerlos en comunicación, mediante un hilo conductor, no se modifica su estado eléctrico respectivo; en el caso contrario, la diferencia de potencial entre ellos da lugar a un transporte de electricidad, a través del hilo de comunicación, hasta que la igualdad se establece. Toda diferencia de potencial puede originar transformaciones de la energía, y supone una fuerza que se llama *fuerza electromotriz*.

En general, se puede decir que todo conductor que posea cierta carga posee también cierta tensión (o *potencial*), la cual depende de la carga total así como de la forma y magnitud del conductor. Para un determinado conductor, la *tensión* aumenta al aumentar la carga.

Si en un recipiente, tal como una esfera de vidrio, se introduce un gas, éste ejerce contra las paredes una cierta presión. Cuanto más gas haya en el recipiente, tanto mayor será su presión. Lo que en la esfera de vidrio es la presión del gas, es la tensión eléctrica en los cuerpos electrizados. En un recipiente lleno de gas aumenta la presión cuando aumenta la cantidad de gas, y disminuye la presión cuando esta cantidad disminuye. Del mismo modo, en un conductor electrizado aumenta la tensión al aumentar la carga, y disminuye cuando disminuye la cantidad de electricidad que el conductor posee. Si una misma cantidad de gas se introduce en recipientes de distintas formas y dimensiones, la presión varía. En el recipiente de mayor volumen, de mayor *capacidad*, aquella cantidad de gas ejerce una presión menor que en el recipiente de menor volumen; el cociente entre la cantidad de gas introducido y la presión a la que se halla, depende solamente de la capacidad del recipiente. Lo mismo ocurre en un conductor electrizado.

El cociente de la cantidad de electricidad por la tensión, depende sólo de la forma y magnitud del conductor; a este cociente se le llama capacidad del conductor. La capacidad de un conductor indica, por lo tanto, en qué relación se halla la carga del mismo respecto de su tensión. Se tiene:

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Cantidad de electricidad}}{\text{Tensión}}$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

CONDENSADORES

Reciben el nombre de condensadores los aparatos que sirven para acumular, sobre pequeñas superficies, grandes cantidades de electricidad.

Su origen es el siguiente. *Ewald G. Van Kleist*, obispo de Pomerania (1745), tenía en una de sus manos una botella de mercurio, y en ésta una varilla de hierro que atravesaba el tapón de la botella y tocaba el conductor de una máquina eléctrica en movimiento. Con la otra mano tocó distraídamente el conductor, y experimentó una enérgica descarga. Al año siguiente, *Cúneus*, discípulo de *Musschenbroeck*, queriendo electrizar el agua de una botella de la misma manera, sufrió el mismo efecto al querer retirar la botella con la mano libre. Más tarde el abate *Nollet*, profesor del Delfín de Francia, reprodujo el fenómeno, y hasta consiguió hacer sentir la conmoción a 240 guardias del Rey formados en cadena.

El experimento fundamental referido nos indica que en la botella se acumulaba una cantidad de electricidad muy superior a la producida por las máquinas eléctricas. ¿De dónde provenía? De la disposición del aparato. Como vemos, lo constituían el agua, el vidrio y la mano: el agua en comunicación con la máquina; la mano, el brazo y el cuerpo del observador, todos buenos conductores, en comunicación con el suelo, o bien aislados; en medio, un tabique aislador.

El **condensador de Aepinus** (*Franz María Ulrich Theodor Hoch Aepinus, 1759*) está formado por dos platillos metálicos iguales, dispuestos verticalmente sobre soportes aisladores, que permiten aproximarlos fácilmente hasta llegar al contacto con las caras opuestas de una lámina de vidrio situada entre ellas.

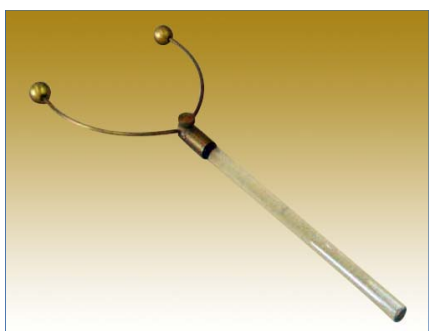


Nº inv.: 06.1 /
203F Fecha: 1865
Fabricante desconocido
Madera, metal y vidrio
63 x 17 x 52 cm

Un platillo se pone en comunicación con una máquina eléctrica por medio de una varilla metálica, se le llama *platillo colector*; el otro platillo se puede comunicar con el suelo, y se denomina *platillo condensador*; la distancia entre ambos se varía, por medio de un engranaje. Mediante la lámina de vidrio interpuesta entre los dos platillos se evita la descarga espontánea del aparato.

Para cargar un condensador se ponen sus dos armaduras en comunicación, respectivamente, una, con el suelo, y otra, con un generador de electricidad, y una vez alcanzado el potencial conveniente, se corta la comunicación con dicho generador; pero no importa que subsista la comunicación de una armadura (condensador) con el suelo, si la otra está aislada, porque el efecto de la influencia de la carga del colector mantiene el estado eléctrico del condensador.

La descarga, o sea, la vuelta de las armaduras al estado neutro, puede hacerse rápida o lentamente. Para la descarga rápida, basta con poner en comunicación las dos armaduras mediante un conductor. Puede ser éste de cualquier forma, o el mismo cuerpo del operador; pero se emplea generalmente una especie de compás curvo, cuyas ramas terminan en esferas y van provistas de mangos de vidrio, que preservan al operador de los efectos de la descarga. Este aparatito se llama **excitador eléctrico**.



Nº inv.: 06.1 / 204
Fecha: 1874
Fabricante desconocido
Latón y vidrio
30 x 8 x 1,5 cm



Nº inv.: 06.1 / 205
Fecha: 1874
Fabricante desconocido
Latón y vidrio
48 x 35 x 3 cm

Puesta en contacto con una de las armaduras una rama del excitador, se aproxima la otra a la armadura opuesta, y antes de que el contacto se efectúe, se produce la neutralización de las cargas eléctricas, con luz y ruido, o sea, mediante la chispa eléctrica; la distancia a la que estalla la chispa y sus efectos varían según sea el potencial alcanzado.

Para la descarga lenta, se aísla el condensador y se aproxima alternativamente a una y otra armadura un conductor, que toma carga de una de ellas y origina una pequeña descarga con la opuesta, siendo necesario un número grande de contactos sucesivos para la descarga total.

LA BOTELLA DE LEYDEN

En 1746 el físico holandés *Pieter van Musschenbroeck*, perteneciente a la Universidad de Leyden, construye el primer condensador, llamándole "**Botella de Leyden**", simultáneamente el mismo aparato fue realizado por el inventor alemán *Georg von Kleist*.

Está constituido por un frasco de vidrio delgado (dieléctrico) forrado exteriormente por una hoja metálica de estaño (armadura exterior) a excepción de la parte superior de la botella. El interior de la botella está relleno de laminillas de latón (armadura interior), desde donde sale una varilla metálica que atraviesa el tapón de corcho que cierra el recipiente. Para evitar la comunicación entre las armaduras, el cuello de la botella está barnizado de goma laca.



208

Nº inv.: 06.1 / 206
Fecha: 1874
Fabricante desconocido
Metal, vidrio, corcho y lacre
 $\Phi = 9,5 \text{ cm}$ $h = 30 \text{ cm}$

Nº inv.: 06.1 / 207
Fecha: 1874
Fabricante desconocido
Metal, corcho y vidrio
 $\Phi = 6 \text{ cm}$ $h = 14 \text{ cm}$

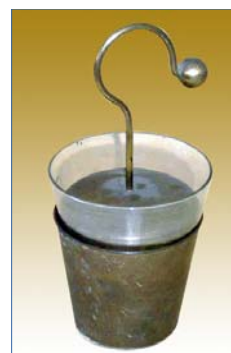
Nº inv.: 06.1 / 208
Fecha desconocida
Fabricante desconocido
Metal, corcho y vidrio
 $\Phi = 5,5 \text{ cm}$ $h = 25 \text{ cm}$

Para cargar la botella de Leyden, se conecta la varilla a la máquina eléctrica mientras la armadura exterior se pone en contacto con el suelo a través de una cadena. Una vez cargada la botella, si se ponen las dos armaduras en contacto por medio de cualquier conductor, se descargará con una chispa y una explosión. Si se la deja durante algún tiempo se podrán obtener nuevas descargas secundarias de menor intensidad que la primera, hasta que se descargue por completo.

BOTELLA DE LEYDEN DE ARMADURAS MÓVILES



Nº inv.: 06.1 / 209
Fecha: 1860 - 1890
Fabricante desconocido
Metal y vidrio
 $\Phi = 9 \text{ cm}$ $h = 11,8 \text{ cm}$



191

Mientras no se descarga un condensador, las cargas se encuentran en las dos caras de la lámina aisladora. Se puede probar mediante la **botella de armaduras móviles**. Difiere de la ordinaria de Leyden en que sus armaduras están constituidas por vasos huecos de latón, entre los cuales se adapta uno de vidrio, que es algo más alto. Se carga la botella como siempre, y se coloca sobre un cuerpo aislador. Con una barra de lacre se separa la armadura interior; con los dedos y por los bordes se saca también el vaso de vidrio, y se tocan las dos armaduras. Reconstruyendo de nuevo la botella de igual forma, se descarga con el excitador, y sale una chispa. Se ve, por lo tanto, que la carga eléctrica residía en el vidrio.

Como se ha dicho anteriormente, el excitador era uno de los aparatos clásicos para descargar los cuerpos o mostrar los efectos de una descarga eléctrica. El **excitador universal de Hanley** se utilizaba con este fin e incluso para ver el efecto que producían las descargas sobre pequeños seres vivos.



Nº inv.: 06.1 / 210

Fecha: 1874

Fabricante desconocido

Madera, metal y vidrio

38 x 13 x 40 cm

Está formado por dos columnas de vidrio, provistas cada una en su parte superior de un anillo o tubo por donde entra deslizando una varilla de latón terminada en esfera; entre ambas columnas se halla un pedestal aislante, para colocar el objeto que ha de ser atravesado por la chispa. Situado el cuerpo sobre el pedestal, se aproximan los extremos de las varillas cuanto sea necesario, poniendo una de ellas en comunicación, por medio de una cadena, con la armadura exterior de una batería; se toca luego con una rama del excitador de mangos de vidrio la armadura interior, llevando la otra a la varilla opuesta, e inmediatamente salta la chispa entre las dos varillas, recibiendo el cuerpo la descarga. A veces el cuerpo colocado era un metal muy fino, comprobándose, tras la descarga, cómo éste era fundido debido a la enorme resistencia eléctrica que oponía al paso de la carga.

MÁQUINAS ELECTROSTÁTICAS

Todo instrumento destinado a producir electricidad mediante un trabajo mecánico, se denomina *máquina eléctrica* o *generador electrostático*. Se dividen en dos tipos: las de frotamiento, como la de *Ramsden* y la de *Carré* y las de inducción, como la de *Holtz* y la de *Wimshurst*.

La primera máquina eléctrica fue debida a *Otto von Guericke*, en 1650,. Se componía de una esfera de azufre móvil sobre un eje horizontal. Un observador aplicaba a la superficie de la esfera sus manos muy secas, mientras duraba la rotación, y la electricidad producida se recogía en una regla metálica suspendida por cordones de seda.

En las máquinas podemos considerar tres órganos esenciales: un *productor*, un *transmisor* y un *colector*. El productor es un cuerpo o sistema destinado a desarrollar una electrización previa; el transmisor es el encargado de comunicar la energía al colector, realizando un trabajo contra las fuerzas eléctricas, al moverse desde el productor hacia dicho colector, venciendo la atracción y la repulsión que aquellas determinan; y el colector, el órgano o conjunto de ellos donde ha de actuar la carga producida.

En general, la función de la máquina consiste en mantener, entre dos conductores determinados, una diferencia de potencial invariable, mientras subsistan las mismas condiciones de funcionamiento.

LA MÁQUINA DE WIMSHURST

Está formada por pares de discos de vidrio o de ebonita del mismo diámetro, paralelos que distan entre sí unos 5 mm. y giran en sentidos contrarios mediante poleas y correas sin fin. Las superficies exteriores de los discos llevan adheridas bandas de papel de estaño en las direcciones de los radios.

Cada disco pasa entre dos peines, llamados *polos*, con puntas situados en los extremos del diámetro horizontal y comunican con dos conductores terminados en esferillas cuya distancia se gradúa a voluntad, según la longitud de las chispas, aislados y provistos de mangos de ebonita, y se hallan en comunicación cada uno con un condensador. Las armaduras exteriores de los condensadores de cada par, se ponen en comunicación mediante una varilla o cadenita metálica, y como las cargas son opuestas, resultan asociados en serie, aumentando la capacidad de los polos.. Otros dos conductores delgados, llamados *compensadores*, están colocados diametralmente por una y otra cara exterior del par de discos; son varillas metálicas cuyos extremos terminan en pinceles de alambres, los cuales frotan con los sectores del lado correspondiente.

Las bandas de estaño tienen por objeto determinar una inducción inicial en los conductores diametrales; cuando los discos son de ebonita, pueden suprimirse dichas bandas, iniciando entonces la carga con un cuerpo electrizado, que se aproxima al extremo de uno de dichos conductores. Ya que esta carga inicial puede ser pequeñísima, las bandas la hacen innecesarias, por existir siempre en sectores distintos, en uno y otro disco, diferencial de potencial.



Nº inv.: 06.1 / 211

Número de ejemplares: 3

Fecha: 1902

Fabricante: Voltana

Madera, metal y vidrio

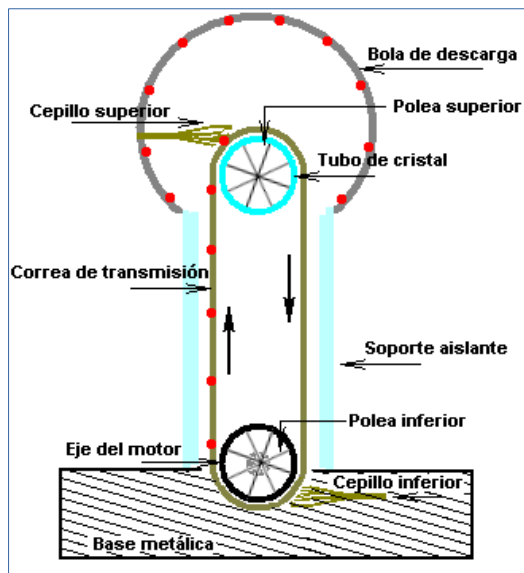
36 x 19 x 44 cm

El efecto de la inducción en los conductores diametrales determina cargas de signo contrario en los extremos de cada uno, y, mediante las escobillas, el movimiento de los discos hace que cada una de las regiones opuestas de la superficie de uno de éstos reciba carga contraria, las cuales, actuando por influencia sobre uno y otro peine, cargan el conductor correspondiente con la del mismo nombre, mientras atraen la otra, que escapa por las puntas y neutraliza la del vidrio, hasta que llega éste a encontrar la otra escobilla; el movimiento opuesto de ambos discos y la disposición contraria de sus cargas, hace que el efecto de ambos en cada peine sea el mismo.

Puestos los conductores polares a conveniente distancia, si el crecimiento progresivo de sus potenciales llega a producir la chispa entre ellos, la cual puede graduarse, separándolos hasta un límite dependiente de la distancia de los conductores diametrales y éstos, pues si la distancia de las esferas excede a esta otra, la chispa estallará entre unos y otros conductores.

GENERADOR ELECTROSTÁTICO DE VAN DER GRAFF

Este generador fue ideado por el norteamericano *Robert Jemison Van der Graaff* en 1931 e instaló uno gigante en el M.I.T. (Instituto Tecnológico de Massachusetts). Está basado en que si un conductor cargado se pone en contacto interno con un segundo conductor hueco, toda su carga pasa al conductor hueco, por muy alto que sea el potencial de este último.



Así, si no fuera por dificultades de aislamiento, la carga y, por consiguiente, el potencial de un conductor hueco podría alcanzar cualquier valor deseado adicionándole sucesivamente cargas, por contacto interno. En la práctica, puesto que el conductor ha de estar sostenido de algún modo, su potencial máximo quedará limitado a aquel para el cual la proporción en que se escape su carga a través del soporte y del aire que lo rodea iguale a la proporción en la cual se le suministra carga.

Se compone de un conductor esférico hueco, soportado por una columna aisladora. Una correa de transmisión pasa por unas poleas, accionada la inferior por un motor, mientras que la superior es libre. En la parte inferior hay un cepillo con una serie de puntas agudas que salen de una barra horizontal, y se mantiene a un potencial negativo muy alto, o también puede estar conectado a una toma de tierra. Las cargas son llevadas

desde la correa de transmisión hasta un electrodo hueco esférico, perfectamente aislado que se encuentra en la parte superior, mediante otro cepillo conductor con puntas.

Las cargas eléctricas se acumulan en la superficie del conductor generando un potencial que es limitado por el efecto corona y por la constante dieléctrica del medio circundante. La tensión eléctrica máxima disponible se da en función del diámetro del electrodo esférico y los materiales utilizados, donde en algunas máquinas grandes puede alcanzar algunos millones de voltios.

El efecto más llamativo de estos generadores es que cargan los cuerpos en contacto con el electrodo esférico, por eso si tocamos su electrodo con la mano los pelos del cuerpo tienden a ponerse en punta. Este experimento debe realizarse sobre una base o plataforma aislante y tomar medidas de protección adecuadas para evitar efectos desagradables, sobre todo en grandes máquinas.



N

° inv.: 06.1 / 212

Número de ejemplares: 2

Fecha: 1930 - 1960

Fabricante: Sogeresa y Enosa

Metal, cuero y plástico

$\Phi = 23 \text{ cm}$ $h = 37 \text{ cm}$

19 x 19 x 45 cm



DESCARGAS ELÉCTRICAS

Se llama **descarga eléctrica** la transformación total o parcial de la energía eléctrica por la comunicación de un conductor electrizado con otro potencial nulo, menor o de signo contrario.

Dicha comunicación puede ser de dos clases: mediante cuerpos conductores, o a través de dieléctricos, cuya resistencia llegue a ser vencida por la energía acumulada en los conductores que separan. En el primer caso, la descarga se denomina *conductiva*; en el segundo *disruptiva*.

Para la primera se utilizan diversos conductores, pero frecuentemente se emplean hilos o alambres metálicos que se sujetan con tornillos a los aparatos que han de comunicar en las aplicaciones o experiencias. La disruptiva se produce a través del aire o de otros aisladores cuando la distancia entre los conductores llega a ser insuficiente para el aislamiento. Ésta se manifiesta principalmente en forma de chispa.

La descarga conductiva es continua; la disruptiva, instantánea, y en ambas aparece transformada parte de la energía eléctrica en otras distintas; según cuáles sean éstas, sus manifestaciones se denominan efectos *fisiológicos*, *mecánicos*, *caloríficos*, *luminosos*, *químicos*, etc.

EFFECTOS FISIOLÓGICOS

Son manifestaciones en los organismos vivos, cuando éstos actúan como conductores de las descargas eléctricas.

Aproximando una mano a un conductor electrizado o al colector de una máquina eléctrica, hasta que la chispa estalle, se nota una especie de pinchazo y una contracción muscular, más o menos violenta, según la energía eléctrica de la descarga. Si el conductor forma una de las armaduras de un condensador, la sensación es más violenta, por el aumento de la capacidad. Si nuestro cuerpo sirve de comunicación entre las armaduras del condensador cargado, se siente una conmoción violenta, que puede experimentar a la vez multitud de individuos cogidos de las manos en forma de cadena; para esto, cada uno de los situados en los extremos toca simultáneamente una de dichas armaduras. Esta experiencia no debe hacerse con condensadores de capacidad muy grande, ni mucho menos con baterías electrostáticas de gran superficie, porque los efectos de la descarga serían peligrosos, y en ocasiones pueden producir la muerte.

EFFECTOS MECÁNICOS

Son los movimientos o deformaciones de determinados cuerpos producidos por la descarga eléctrica, en condiciones diversas.



Nº inv.: 06.1 / 213
Fecha desconocida
Fabricante desconocido
Metal
20 x 10 x 20 cm



Nº inv.: 06.1 / 214
Fecha desconocida
Fabricante desconocido
Metal
18 x 12 x 12 cm

Otro aparatito para observar los efectos mecánicos producidos por las descargas eléctricas, en cuerpos malos conductores, es el **taladracartas**.

Está formado por dos columnas de cristal, unidas en la parte superior por un travesaño que lleva una varilla de latón terminada en punta; en la parte inferior del aparato hay colocado un tubo de vidrio, que sirve de sostén a la tarjeta o naipe que ha de ser agujereado, y dentro del cual hay una punta metálica enfrentada a la superior.

Se conecta cada una de las varillas a las armaduras de una botella de Leyden cargada, con lo cual salta la chispa a través de la tarjeta, que aparece perforada con un pequeño agujero. Para que este experimento salga bien, es preciso que la botella de Leyden sea grande y la lámina bastante delgada, es decir, que haya una gran diferencia de potencial entre las puntas. Conviene además introducir la punta superior en una gota de aceite puesta sobre la lámina, para que la chispa no se corra lateralmente.



Nº inv.: 06.1 / 215
Fecha: 1874
Fabricante: Bretón (París)
Madera, latón y vidrio
18 x 10,7 x 25 cm

EFFECTOS LUMINOSOS

Los efectos luminosos son debidos principalmente a la descarga disruptiva, la cual puede tomar formas muy variadas, que se denominan *chispa eléctrica*, *penacho eléctrico* y *luminosidades diversas*.

La chispa aparece una veces como un trazo rectilíneo de luz viva, más o menos grueso, según la cantidad de electricidad que se neutraliza; esto ocurre cuando la distancia entre los conductores es corta; pero a medida que ésta aumenta o la capacidad de aquellos disminuye, la chispa se adelgaza, pierde brillo, y el trazo rectilíneo es reemplazado por una línea irregular, ya en zigzag o sinuosa, que tiende a ramificarse cada vez más. El cambio rápido de volumen que produce en el aire, determina un ruido seco variable, ya como un chasquido, o como una detonación, según las dimensiones de la chispa. La distancia máxima entre los conductores, para que la chispa estalle con una diferencia de potencial dada, se llama *distancia explosiva*; y en general, se considera referida al aire y a la presión normal.

La chispa eléctrica se produce siempre si hay suficiente tensión, y es más viva cuanto mejores sean los conductores entre los que estalla. Su color varía con la naturaleza de los cuerpos, con el medio en que se produce y con la presión del gas existente en el medio. La que estalla entre dos carbones es amarilla; verde si son dos esferas de cobre plateadas; y carmesí si las esferas son de madera o marfil. En el aire ordinario y en el oxígeno es blanca y brillante; rojiza en el hidrógeno; verde en el vapor de mercurio y azulada en el nitrógeno.

Para estudiar el color y el brillo de la chispa en el aire a diferentes presiones, se usa el **huevo eléctrico**, que es un recipiente de vidrio



Nº inv.: 06.1 / 216
Fecha: 1884
Fabricante desconocido
Latón y vidrio
 $\Phi=15$ cm $h=48$ cm

atravesado por dos varillas de latón terminadas en esferas, que pueden aproximarse más o menos una a otra. Haciendo el vacío en este recipiente con la máquina neumática y poniendo la varilla superior en comunicación con la máquina eléctrica y la inferior con el suelo, se observa una luz poco intensa y violácea; pero si se da la entrada al aire con auxilio de la llave, la tensión aumenta y la luz se hace blanca y brillante, hasta recobrar la forma de chispa ordinaria; si el enrarecimiento es grande, decrecen lo haces de luz.

Fenómenos de este tipo nos presentan también los llamados **tubos de Geissler**, En 1850, el físico alemán *Heinrich Geissler* inventó el tubo que lleva su nombre, por medio del cual demostró la producción de luz por medio de una descarga eléctrica a través de gases nobles. En 1855 consiguió, mediante una bomba de vacío, disminuir la presión y mantener gases a baja presión en tubos de vidrio de distintas formas mediante electrodos metálicos en los extremos. Si se conectan a una alta tensión se produce una chispa a través de ellos. La alta tensión puede conseguirse con máquinas de frotamiento o con un carrete de Rühmkorff.

Suelen ser pequeños recipientes de vidrio, de formas muy variadas, que contienen gases diferentes, muy enrarecidos, y cuyos extremos van atravesados por dos hilos de platino incrustados en el vidrio, que se ponen en comunicación con los polos de la máquina electrostática. Al pasar la descarga, no solamente varía el color según el gas, sino con la sección de la parte correspondiente del tubo, y a menudo se forman capas alternativamente luminosas y oscuras, más frecuentes en las partes ensanchadas y cuando los gases son de constitución más compleja o mezclas.



Nº inv.: 06.1 / 217
Fecha: 1910 – 1930
Fabricante desconocido
Metal y vidrio
 $\varnothing = 1,5 \text{ cm}$ $h = 25 \text{ cm}$
 $\varnothing = 2,5 \text{ cm}$ $h = 23 \text{ cm}$
 $\varnothing = 3 \text{ cm}$ $h = 17 \text{ cm}$
 $\varnothing = 2 \text{ cm}$ $h = 16 \text{ cm}$



Polo positivo

CHISPA ELÉCTRICA

Polo negativo