

Este cuadro, en el que, según hemos dicho, están clasificados los diferentes cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos por el orden decreciente de su conductibilidad, demuestra que esta propiedad varía con la naturaleza de las substancias, pero también prueba que depende de otras condiciones, de las que diremos una palabra.

El carbón calcinado y el grafito son buenos conductores; el diamante, que es carbono puro, figura entre los aisladores, y sin embargo químicamente son las mismas substancias.

Igual observación se puede hacer respecto de la flor de azufre y del azufre sólido, del vidrio pulverizado y entero; de los vegetales vivaces que son conductores, de la madera seca y de los vegetales secos que son medianos ó malos conductores; del agua, que es eminentemente conductora en estado líquido, que pierde parte de su virtud en estado sólido á 0°, y que enfriada á 20° bajo cero es aisladora.

Así pues, el estado molecular, la mayor ó menor división de los cuerpos, su sequedad ó humedad y por último su temperatura parecen otras tantas condiciones que favorecen ó entorpecen la fácil transmisión de la electricidad al través de la substancia. Siendo el agua un buen conductor, compréndese, conforme hemos dicho más arriba, que los cuerpos que, perfectamente secos, serían aisladores, no lo son tan luego como se impregnan de humedad ó se cubren simplemente de una capa invisible de vapor de agua; de aquí la necesidad de tomar las precauciones ya mencionadas para los experimentos de electricidad.

El calor ejerce también cierta influencia en la conductibilidad, que crece á la par de la temperatura. Calentando el vidrio de una botella, Canton observó que la electricidad pasaba al interior; á la temperatura de 200 grados centígrados, el vidrio, que es uno de los mejores aisladores cuando está seco y á la temperatura ordinaria, se torna tan buen conductor como los metales.

Lo propio sucede con los vapores y los gases. Poniendo un cuerpo electrizado sobre una lámpara de alcohol que esté en contacto con el suelo, y á uno ó dos metros de la llama, desaparece todo indicio de electricidad, pues la del cuerpo ha ido á parar al suelo por conducto de la columna de aire caliente que flota sobre la llama. Si la lámpara estuviese aislada del suelo, se vería que la llama se electriza y que atrae los cuerpos que se la acercan.

Ahora podemos completar lo que hemos dicho acerca de la facultad que todos los cuerpos, cualquiera que sean, tienen de electrizarse por frotamiento.

Por lo que toca á los sólidos, nada tenemos que añadir; la única precaución que se ha de tomar para que den las señales ordinarias de electrización consiste en aislarlos si son conductores. Si se agita mercurio en un tubo de vidrio, se ve cierto resplandor en el interior del vidrio que está electrizado. Lo propio sucede si se desvía bruscamente el nivel del mercurio de un barómetro, ó si se hace la experiencia de la lluvia de mercurio en el vacío.

Luego veremos que se ha construído una máquina eléctrica en que se desarrolla la electricidad por el frotamiento de chorros de vapor condensado en una tabla de boj. Estos experimentos prueban que el frotamiento de los líquidos contra los sólidos engendra electricidad.

Otro tanto sucede con el de los gases; y una placa de vidrio, un cristal se vuelven eléctricos cuando se dirige á su superficie la corriente de un soplete. No parece dudoso que el mutuo frotamiento de los líquidos ó de los gases los electrice también; pero creemos que todavía no se han hecho experimentos directos sobre ello.

## III

## ATRACCIONES Y REPULSIONES ELÉCTRICAS.—LAS DOS ELECTRICIDADES

Volvamos ahora á los fenómenos de atracción y repulsión eléctricas, y estudiémoslos con más detalles.

Para ello nos valdremos de un aparato muy sencillo, que lleva el nombre de péndulo eléctrico (fig. 63). Es una esferilla de médula de saúco, suspendida de una hebra de seda, y por consiguiente aislada, puesto que la seda es un cuerpo mal conductor.

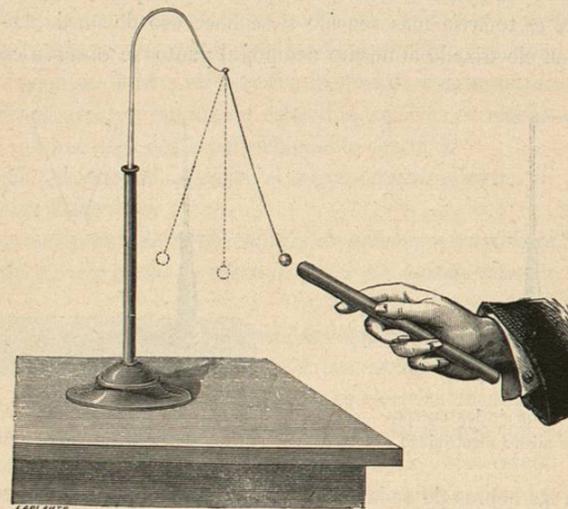


Fig. 63.—Péndulo eléctrico. Fenómenos de atracción y repulsión

Acercando á la esfera un cilindro de resina electrizada, habrá al pronto atracción según sabemos; mas tan luego como se haya efectuado el contacto, la esfera se desviará de la resina; será repelida, aun cuando se acerque á ella de nuevo la barra de resina. En tal estado, la esfera de saúco se halla electrizada, de lo cual es fácil cerciorarse aproximando á ella el dedo, pues entonces la atrae, ó tocándola con la mano, porque después de este contacto ni el dedo la atrae ni la barra de resina la repele: la electricidad que tenía ha pasado á tierra por el cuerpo del operador. Si en lugar de una barra de resina se hiciera uso de un cilindro de vidrio electrizado, se observarían los mismos fenómenos por el orden con que los acabamos de describir; habrá atracción y contacto, y después repulsión. Hasta aquí nada prueba que haya alguna diferencia entre la electricidad desarrollada en la resina y la del cristal, cuando se frotan ambos cuerpos con un paño. Pero supongamos que, después de obtener la repulsión de la bolita de saúco con la resina electrizada, se acerca á ella una barra de vidrio electrizada también. Entonces se nota que la bola atrae al vidrio, atracción que será más viva si, en lugar de haber sido previamente electrizada por la resina, hubiera continuado en estado natural. Ocurrirá el mismo fenómeno de atracción si, después de electrizar la bola con el contacto del vidrio, se le acerca un pedazo de resina electrizada.

Puede hacerse este experimento de un modo que haga más patente el distinto modo

de conducirse un cuerpo electrizado según que se le acerque á la barra de vidrio ó á la de resina electrizadas separadamente frotándolas con un trozo de paño. Para esto se emplean dos péndulos de bola de saúco en lugar de uno solo.

Acércase el cilindro de vidrio á una de estas bolas, la cual es atraída y repelida después, tan luego como se ha verificado el contacto. Si se aproxima entonces la resina al primer péndulo y el vidrio al segundo, se observa que de nuevo hay atracción de las bolas; si en esta segunda parte del experimento se ha tenido cuidado de evitar que haya contacto, fácilmente se reconoce que la atracción se convierte otra vez en repulsión, volviendo á invertir el orden de las barras acercadas á los péndulos. Se puede asimismo proceder de otro modo, electrizar las dos esferillas de saúco con la misma barra, y acercarlas después una á otra; siempre se verá que se repelen mutuamente. Este experimento es todavía más sencillo si se hace uso de un doble péndulo cuyas dos bolas se hayan electrizado al mismo tiempo; al punto se observa cómo se separan

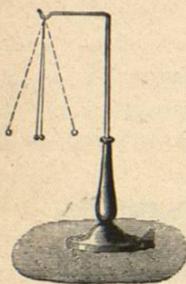


Fig. 64. — Repulsión de los cuerpos cargados de la misma electricidad

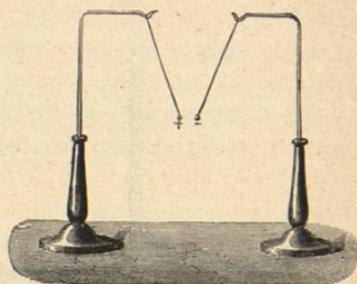


Fig. 65. — Atracción de los cuerpos cargados de electricidades contrarias

y cómo divergen las hebras de seda mientras las bolas continúan electrizadas. Por el contrario, se atraerán si la primera, electrizada de resultas del contacto con el vidrio, se acerca á la segunda electrizada por la resina (figs. 64 y 65).

Así pues, la electricidad desarrollada en esta última substancia y la que lo ha sido en el vidrio por el frotamiento de la lana se presentan de distinto modo en las mismas circunstancias; la una atrae al cuerpo electrizado repelido por la otra, y recíprocamente. De aquí resulta la distinción de dos clases de electricidad, que recibieron de los primeros observadores los nombres de *electricidad resinosa* y *electricidad vítrea*. Repitiendo el experimento anterior con ámbar, azufre, cera, papel, seda, etc., se reconoce que estas substancias obran unas como la resina y otras como el vidrio, y entonces se dice que están cargadas de electricidad resinosa ó vítrea.

Dufay hizo en 1733 los primeros experimentos que motivaron la distinción de ambas electricidades, aunque los efectuó en otra forma; pero las denominaciones que les dió este sabio han sido desechadas hoy, he aquí por qué. Siendo susceptibles todos los cuerpos de electrizarse por frotamiento según acabamos de ver, claro está que, si uno de los dos cuerpos frotados se electriza, el otro debe electrizarse también; y así lo ha confirmado la experiencia. Pero además ha hecho ver que la electricidad desarrollada en uno de los cuerpos no es la misma que la que se desarrolla en el otro. Por ejemplo, si se toman dos discos, el uno de vidrio bruñido y el otro de metal forrado de paño, y provisto cada cual de un mango aislador, y después de frotarlos uno con otro, se los separa bruscamente, el disco de vidrio resultará cargado de electricidad vítrea y el paño

de electricidad resinosa (fig. 66); de lo cual es fácil cerciorarse viendo la acción que cada uno de ellos ejerce en un péndulo eléctrico cuya bola se haya electrizado previamente. Pero no es esto todo. Se ha observado además que la naturaleza de la electricidad desarrollada en un cuerpo cambia según la naturaleza de aquel con el cual se le ha frotado. Así por ejemplo, el cristal adquiere, conforme hemos dicho, electricidad vítrea cuando se le frota con lana, y la toma, por el contrario, resinosa si se le frota con una piel de gato. La goma laca se carga de electricidad resinosa frotándola con una piel de gato ó con lana, y la adquiere vítrea si se emplea al efecto un cristal deslustrado. De conservar las denominaciones de que hasta ahora nos hemos valido era, pues, de temer cierta confusión, y por esto se ha sustituido las de electricidad vítrea y resinosa con las de *electricidad positiva* y *negativa*. Por lo demás, no se debe atribuir en este momento á estos nombres otra significación más que la siguiente: la electricidad positiva es la que se desarrolla en el vidrio frotándolo con lana; la negativa es la que se obtiene en la resina frotándola con la misma substancia. Pero el modo de acción de estas dos especies de electricidades puede resumirse en dos leyes sumamente sencillas:

*Todo cuerpo electrizado, positiva ó negativamente, atrae los cuerpos en estado natural.*

*Dos cuerpos cargados de electricidades de nombre contrario se atraen; dos cuerpos cargados de electricidades del mismo nombre se repelen.*

En estas leyes no hay excepción; pero las condiciones de producción de una ú otra especie de electricidad son en extremo complejas.

Acabamos de ver que la misma substancia se electriza unas veces positiva y otras negativamente, según la naturaleza del cuerpo con el cual se la frota. Además, bastan los menores cambios en el estado físico de los cuerpos para modificar el sentido de la electrización: las diferencias de color, de pulimento, de temperatura, etc., hacen que los mismos cuerpos frotados de igual modo adquieran tan pronto la electricidad positiva como la negativa. El vidrio reluciente y bruñido frotado con un paño se electriza positivamente, y negativamente si está deslustrado. *Æpinus* y *Canton* comprobaron estos resultados. Dos cintas de seda, una blanca y otra negra, adquieren, la primera electricidad positiva, y la segunda negativa, cuando después de ponerlas una sobre otra, se pasa por la superficie de una de ellas una regla de marfil (1). Dos cintas de idéntica seda frotadas en cruz ó transversalmente adquieren las dos electricidades contrarias. El vidrio frotado con paño la adquiere positiva, como hemos visto; pero si antes ha sido frotado con polvos finos de esmeril húmedos, y se le lava luego, se electriza negativamente con una fricción suave del paño: si ésta es más enérgica, reaparece la electricidad negativa, según resultó del experimento hecho por *Heintz*.

(1) En el *Tratado de electricidad estática* de *M. Mascart* se refiere un caso curioso relativo á la electrización de la seda, observado por un físico inglés del siglo XVIII. "Symmer había notado que al quitarse las medias de seda despedían en la obscuridad chispas luminosas y ligeros chasquidos, fenómenos que eran más intensos cuando llevaba en la misma pierna una media de seda blanca y otra negra. Las medias no presentaban indicio alguno de electricidad mientras permanecían en la pierna ó reunidas, pero en el momento en que se las separaba se las veía fuertemente electrizadas, la blanca positiva y la negra negativamente. Cuando se las tenía separadas una de otra á cierta distancia parecían ahuecadas hasta el punto de presentar la forma de la pierna. Si se las acercaba mutuamente, observábase que dos medias del mismo color se repelían hasta formar un ángulo de 30 ó 35 grados, y que otras dos de colores distintos se atraían violentamente."

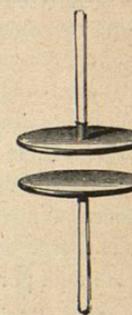


Fig. 66. — Producción de dos electricidades contrarias por frotación.

La piel de gato, que se consideraba positiva para todos los cuerpos y en especial para el vidrio bruñido, lo es en efecto unas veces, pero otras es negativa, según que las fricciones se hagan con la parte de la piel que corresponde al cuello ó á las patas, ó con la del lomo.

Otras muchas irregularidades se advierten tan raras como difíciles de explicar. Dos discos de vidrio semejantes, frotados uno con otro, se electrizan tan pronto de un modo como de otro. El calor tiene gran influencia en estos casos; la mayoría de las substancias calentadas adquiere electricidad negativa.

Se ha hecho un gran número de experimentos curiosos sobre las condiciones que dan lugar á uno ú otro modo de electrización; pero es muy poco aún lo que se sabe acerca de las causas de estos fenómenos singulares, y las teorías que se han discurrido para explicarlos apenas tienen más ventaja que la de coordinar todos los hechos y hacer que se fijen más fácilmente en la memoria. Lo que se podía prever antes de todo experimento es que, si se electriza un cuerpo frotándolo con otro, éste debe electrizarse á su vez, por cuanto ambos se influyen del mismo modo en la operación de la fricción. Nada era tan fácil como comprobar la producción de la electricidad en el pedazo de paño ó de seda que se tenía en la mano cuando se quería electrizar un tubo de vidrio ó una barra de lacre, puesto que la lana y la seda no son substancias conductoras. Lo contrario sucedía si el cuerpo que servía para la fricción era buen conductor, porque entonces, á medida que se desarrollaba la electricidad en su superficie, pasaba al suelo por el cuerpo del operador.

He aquí por qué, en los experimentos relativos á esta clase de investigaciones, hay que aislar con cuidado los cuerpos que se emplean, cuando estos cuerpos son conductores.

De los muchos experimentos que se han hecho sobre varias substancias, por lo que respecta á la clase de electricidad que desarrolla el frotamiento de una de ellas con otra, se ha podido deducir una clasificación especial de los cuerpos.

A este fin se forma con ellos una serie ordenada de tal modo que cualquiera de ellos adquiere la electricidad negativa si se le frota con uno de los que le preceden, y la positiva si con uno de los que le siguen. Y en efecto, la experiencia ha demostrado que si una substancia, la lana por ejemplo, es negativa cuando se la utiliza para frotar vidrio y positiva para frotar resina, estos dos cuerpos, es decir, el vidrio y la resina, frotados uno con otro, adquirirán *à fortiori* electricidades contrarias, el primero positiva y el segundo negativa.

Sin embargo, en razón de las modificaciones que dejamos indicadas y que cambian el sentido de la electrización de las mismas substancias, no debe atribuirse á la clasificación de que hablamos una significación absoluta, y la lista siguiente puede dar lugar, según las circunstancias de los experimentos, á inversiones en el sentido de la electrización de los cuerpos que contiene:

CLASIFICACIÓN DE LOS CUERPOS CON RELACIÓN Á LA CLASE DE LA ELECTRICIDAD  
DESARROLLADA POR SU FROTACIÓN

Cristal bruñido.	Cera.	Zinc.	Plata
Tejidos de lana.	Cristal deslustrado.	Hierro.	Platino.
Plumas.	Azufre.	Estafío.	Azogue.
Madera.	Aluminio.	Cobre.	Oro. Paladio.
Papel.	Plomo.	Bismuto.	Algodón-pólvora.
Lacre.	Cadmio.	Antimonio.	Sulfuro de cobre.

## CAPITULO II

## LEYES DE LAS ATRACCIONES Y REPULSIONES ELÉCTRICAS

## I

## NEUTRALIZACIÓN DE LAS ELECTRICIDADES CONTRARIAS

Ocupémonos de nuevo del experimento de los dos discos descrito en el artículo anterior, el cual prueba que la electricidad producida por el frotamiento de dos cuerpos de cualquier clase, uno con otro, se distribuye en ambos; pero si uno de ellos adquiere la electricidad que hemos llamado *positiva*, el otro contendrá electricidad *negativa*, de

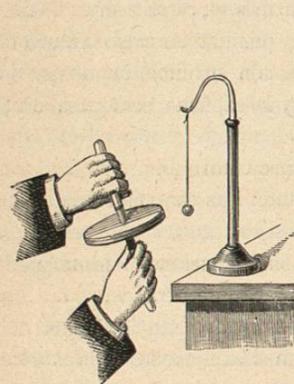


Fig. 67.—Neutralización de las electricidades desarrolladas por frotamiento. Primer experimento

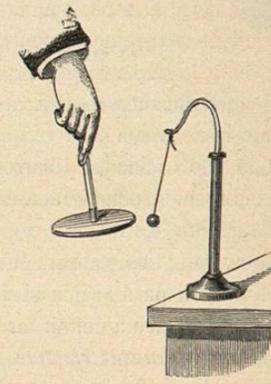


Fig. 68.—Neutralización de las electricidades contrarias. Segundo experimento

lo cual es fácil cerciorarse acercando separadamente cada disco á la bola de saúco del péndulo eléctrico, previamente electrizada. En efecto, al paso que el disco que ha comunicado su electricidad á la bola la repele, el otro la atrae.

Ahora pasemos á valuar ó simplemente á comparar las cantidades de electricidad desarrolladas por el frotamiento de cada disco. Para esto, nos valdremos de un péndulo cuya bola esté en estado natural y suspendida de un hilo conductor, de uno de cáñamo por ejemplo. Frotamos los discos uno con otro, pero dejémoslos en contacto y acerquemoslos al péndulo (fig. 67); veremos que la bola permanece inmóvil, y que no resulta ningún efecto, absolutamente como si los discos no estuviesen electrizados. Sin embargo, lo están, porque si los acercamos separadamente al péndulo sin frotarlos por segunda vez, cada cual de ellos atraerá á la bola de saúco (fig. 68).

Así pues, el frotamiento de dos cuerpos no tan sólo produce dos distintas especies de electricidad, sino que estas electricidades contrarias se reparten en cantidades equivalentes, una en el primer cuerpo y otra en el segundo. Las dos fuerzas, opuestas é iguales, se destruyen si se las hace actuar simultáneamente sobre un mismo punto.

Un antiguo experimento de *Æpinus* demuestra á la vez la producción simultánea y