

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

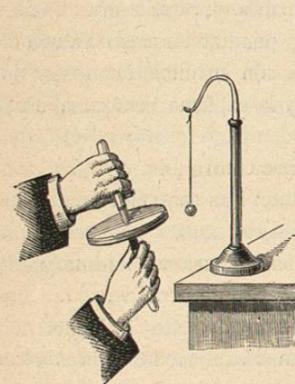


Fig. 67.—Neutralización de las electricidades desarrolladas por frotamiento. Primer experimento

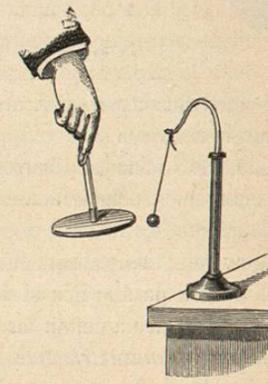


Fig. 68.—Neutralización de las electricidades contrarias. Segundo experimento

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 acercémoslos 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

la neutralización de las dos electricidades. Consiste en echar azufre derretido en el fondo de una vasija metálica provista de un pie aislador. Cuando se enfría el azufre, no se nota señal alguna de electrización; pero no sucede lo mismo cuando se quita dicha substancia con una varilla que se ha metido en ella mientras estaba todavía líquida. Entonces se ve que la vasija se ha electrizado negativamente y el azufre positivamente.

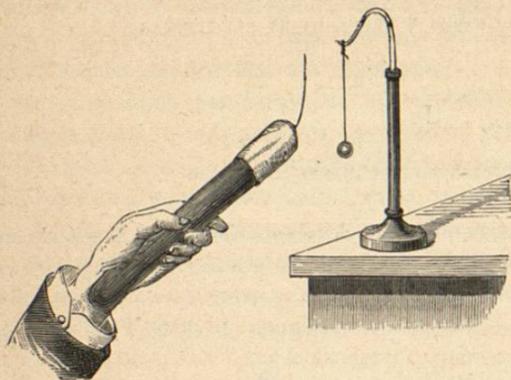


Fig. 69.—Experimento de Faraday

Por último, si se echa de nuevo el azufre en la vasija, vuelve á desaparecer todo indicio de electricidad.

El experimento de Faraday, representado en la figura 69, demuestra el mismo hecho más sencillamente. Consiste en electrizar una barra de goma laca ó de lacre con una capuchita de seda sostenida por una hebra de lo mismo. Si se acerca á la bola del péndulo eléctrico la barra de lacre con su cubierta, no se advierte

señal de electricidad; pero si se aproximan la barra y la capucha cada una de por sí, sobreviene la atracción y se ve que el lacre está electrizado lo mismo que la seda, si bien las dos electricidades desarrolladas son de nombre contrario.

Tenemos, pues, demostrada una verdad importante: Las cantidades de electricidad desarrolladas por la frotación de dos cuerpos entre sí son iguales y de sentido contrario; se equivalen y neutralizan, lo cual justifica las denominaciones adoptadas de *electricidad positiva* para la una y *electricidad negativa* para la otra.

Esto nos conduce á definir las cantidades de electricidad, ó sea lo que en lenguaje científico se llama *masas eléctricas*; mas antes debemos exponer las teorías adoptadas para explicar los fenómenos eléctricos de que hemos tratado hasta ahora.

## II

### TEORÍA DE LOS FLUIDOS ELÉCTRICOS

Los antiguos, que de todos los fenómenos eléctricos sólo conocían la atracción de los cuerpos leves por el succino, han emitido para explicar este caso único las mismas hipótesis casi que para dar cuenta de las atracciones magnéticas. Por ejemplo, Thales atribuía un alma al succino lo mismo que al imán, es decir, admitía la existencia de una fuerza peculiar de cada una de estas substancias, idea muy natural bien mirado, pero necesariamente estéril. Hay que pasar á los físicos experimentadores de los siglos XVII y XVIII para encontrar algún bosquejo teórico de cierto interés sobre la naturaleza de la electricidad.

Atribúyese á Gilbert la hipótesis siguiente: el frotamiento, al calentar los cuerpos, suscita la emisión de rayos de una materia sutil, untuosa, que se enfría al contacto del aire, y aglutinándose por efecto de este enfriamiento, pierde parte de su fuerza expansiva, vuelve sobre sí misma y arrastra consigo los cuerpos leves que se acercan al electrizado. Esta es también, poco más ó menos, la hipótesis enunciada por Boyle, con la

diferencia de que éste creía que la reacción del aire exterior es en parte la causa del retroceso de los efluvios materiales emanados del cuerpo frotado, ó también la resistencia del aire sobre el torbellino de materia efluente. Para Hauksbee, las emanaciones de la materia que sale de un cuerpo electrizado "se extienden en forma de radios ó de líneas físicas, y todas las partes que los componen se tocan y continúan de modo que las que están en la misma línea reciben el impulso de las más inmediatas al cuerpo." De esta suerte el aire contiguo al cuerpo se encuentra enrarecido en la dirección de las líneas divergentes de los *effluvia*; está comprimido en sentido contrario, es decir, siguiendo líneas divergentes, por el aire más denso y más distante; resultando de aquí el arrastre de los cuerpos leves hacia el electrizado. El abate Nollet consideraba los cuerpos capaces de electrizarse por frotamiento como si estuvieran llenos de una materia que tendiera á escaparse por su superficie exterior; la presión debida al frotamiento, la reacción de la materia eléctrica y del vidrio en que está contenida, es la que causa su expansión al exterior. "La resistencia del aire, en el que con dificultad penetra esta materia, hace que al salir por los poros del vidrio se disemine por decirlo así, y que sus radios divergentes llenen un círculo de mayor ó menor extensión según el grado de actividad del cuerpo eléctrico y del fluido puesto en movimiento por él. Esta materia que sale del cuerpo eléctrico deja en él vacíos que se llenan al punto de un fluido de la misma especie que lo rodea. He aquí, pues, la materia eléctrica que se mueve en dos opuestas direcciones y que forma por decirlo así dos corrientes, una de las cuales sale del cuerpo en líneas divergentes, al paso que la otra va á él en direcciones convergentes. Llamemos á la primera *materia efluente*, y á la segunda *materia afluyente*. Así pues, si se encuentra un cuerpo leve y libre, en el círculo de actividad cuyo espacio está enteramente lleno de materia afluyente y efluente, como uno y otro movimiento son progresivos y las partes animadas por él no son lo suficientemente sutiles para pasar libremente y sin tropezar con el cuerpo flotante, éste obedece forzosamente al más fuerte, y va al cuerpo electrizado ó se aparta de él."

Hace ya tiempo que se han desechado estas hipótesis; hasta cierto punto bastan para explicar los fenómenos de atracción y repulsión eléctricas, pero cuando se multiplicaron los descubrimientos de nuevos hechos, fueron muy en breve insuficientes. Sustituyéronlas dos teorías, adoptadas aún hoy día por la mayor parte de los físicos, porque son la expresión de los hechos mismos y los explican de un modo cómodo para la claridad del lenguaje. Estas teorías son las de Franklin, que admite la existencia de un fluido eléctrico único, y la de Symmer, ó de los dos fluidos. Resumámoslas en sus caracteres esenciales.

He aquí en que términos expone Franklin su opinión sobre la naturaleza de la electricidad:

"1. La materia eléctrica se compone de partículas sumamente sutiles, toda vez que puede atravesar la materia común, y hasta los metales más densos, con tanta facilidad y libertad que no experimenta resistencia perceptible.

"2. Si alguien pusiese en duda que la materia eléctrica pasa al través de la substancia de los cuerpos, creyendo que sólo lo hace á lo largo de su superficie, bastaría probablemente para convencerle un choque de una gran vasija electrizada dirigido al través de su propio cuerpo.

"3. La materia eléctrica difiere de la común en que las partes de ésta se atraen mutuamente y las de la primera se repelen mutuamente también; de aquí la divergencia aparente en una corriente de desprendimientos eléctricos.

„4. Pero aunque las partículas de materia eléctrica se repelan unas á otras, cualquier otra materia las atrae fuertemente.

„5. De estas tres cosas, á saber, la gran sutileza de la materia eléctrica, la mutua repulsión de sus partes y la fuerte atracción entre ellas y otra materia, resulta un efecto, y es, que cuando se aplica una cantidad de materia eléctrica á una masa de materia común de tamaño y longitud perceptibles (que no ha adquirido ya su cantidad) se difunde desde luego igualmente por la totalidad.

„6. Así pues, la materia común es una especie de esponja para el fluido eléctrico; una esponja no absorbería el agua, si las partes de ésta no fuesen más pequeñas que los poros de aquélla, y la absorbería con mucha lentitud si no hubiera una atracción mutua entre sus partes y las de la esponja, la cual se empaparía más pronto si la atracción recíproca entre las partes del agua no fuera un obstáculo, por cuanto se debe emplear alguna fuerza para separarlas; por último, la imbibición sería muy rápida si, en lugar de atracción, hubiera entre las partes del agua repulsión mutua que concurriese con la atracción de la esponja. Precisamente este es el caso en que se encuentran la materia eléctrica y la común.

„7. Pero en la materia común hay (generalmente hablando) tanta materia eléctrica como puede contener en su substancia. Si se le añade alguna más, el excedente queda en la superficie y forma lo que llamamos una *atmósfera eléctrica*, diciéndose entonces que el cuerpo está *electrizado*.

„8. Supónese que no toda clase de materia común atrae ni retiene la materia eléctrica con igual fuerza y actividad, por las razones que luego daremos; y que los cuerpos llamados originariamente eléctricos, como el vidrio, etc., la atraen y la retienen con más fuerza y la contienen en mayor cantidad.

„9. Sabemos que el fluido eléctrico está en la materia común, porque podemos extraerlo y hacerlo salir por medio del globo ó del tubo (1). Sabemos que la materia común tiene casi tanta como puede contener, porque cuando añadimos alguna más á una porción cualquiera, esta cantidad añadida no entra en ella, sino que forma una atmósfera eléctrica; y sabemos también que la materia común no tiene más de la que puede contener (generalmente hablando), de lo contrario todas sus partes separadas se repelerían mutuamente, como siempre lo hacen cuando tienen atmósferas eléctricas.

„10. La forma de la atmósfera eléctrica es la del cuerpo rodeado por ella.

Tal es, en su forma primitiva y en sus partes esenciales, la teoría ideada por Franklin para explicar los fenómenos de atracción y repulsión eléctricas conocidos en su tiempo. Como se ve, admite la existencia de un solo *fluido eléctrico*, cuyas moléculas, atraídas por la materia común, se rechazan mutuamente. Los cuerpos en estado natural están cargados de cierta cantidad normal de fluido. Si esta carga aumenta ó disminuye, el cuerpo se electriza: *en más ó positivamente*, si la cantidad de fluido ha aumentado; *en menos ó negativamente*, si ha disminuído. Completando esta hipótesis con la ley descubierta por Coulomb y que exponemos en breve, á saber, que las repulsiones y atracciones eléctricas varían en razón inversa del cuadrado de la distancia que media entre dos cuerpos electrizados, se explican los diferentes fenómenos de un modo satisfactorio. Sin embargo, la teoría de Franklin no tiene tantos prosélitos como la de Symmer ó de los dos fluidos, de la que vamos á tratar ahora.

(1) Franklin alude aquí á los dos modos de producir la electricidad usados en su tiempo, el frotamiento de un globo de azufre, resina ó vidrio, ó el de un tubo de cristal.

La teoría discurrida por Symmer supone que en lugar de un solo fluido hay dos, de propiedades opuestas. Las moléculas de cada uno de ellos se repelen, pero atraen á las de fluido contrario. En los cuerpos en estado natural ó no electrizados, el fluido eléctrico positivo y el negativo existen en cantidades iguales; á causa de su atracción mutua, están y subsisten combinados, y entonces se neutralizan. Por medio del frotamiento ó de otros modos de acción que estudiaremos pronto, se logra vencer la afinidad especial en cuya virtud se combinan ambos fluidos; el positivo pasa á uno de los cuerpos y se acumula en la superficie; el negativo pasa al otro, y los dos cuerpos frotados resultan así cargados de electricidades contrarias, si se los mantiene separados; pero si después del frotamiento se los deja en contacto, las electricidades desarrolladas se neutralizan.

La atracción de las moléculas de los fluidos contrarios y la repulsión de las de un mismo fluido explican los fenómenos de atracción y repulsión mutua de dos cuerpos electrizados; los movimientos de los fluidos dan origen á los de las moléculas materiales, ya por la presión del medio ambiente en la hipótesis de que los fluidos no ejercieran acción alguna en la materia ponderable, ó bien por la acción directa de aquéllos, si se admite que cada fluido atrae las moléculas de esta materia.

Entre la teoría de los dos fluidos eléctricos y la de los magnéticos hay evidente analogía; sin embargo, la separación de los fluidos que caracteriza á la imanación no ocurre sino en las moléculas del cuerpo magnético, y cada una de éstas contiene siempre igual cantidad de los fluidos separados. Por el contrario, al separarse los eléctricos, pueden pasar de un cuerpo á otro.

Las dos teorías de Symmer y de Franklin dan cuenta de una manera igual y satisfactoria de los fenómenos. ¿Cuál de ambas es la verdadera? ¿Hay dos fluidos ó solamente uno? ¿Existe acaso un fluido de naturaleza especial que engendra los fenómenos eléctricos? Los físicos contemporáneos están acordes en considerar estas hipótesis de los fluidos únicamente como un artificio de lenguaje á propósito para expresar los hechos de un modo claro y conciso; en vez de multiplicar las causas de los fenómenos, los atribuyen á una sola, la cual no es otra sino el éter, el vehículo de las ondas luminosas y caloríficas. He aquí lo que M. Briot dice de este asunto en su *Teoría mecánica del calor*: “Si se adopta como más probable la hipótesis de un fluido solo, es natural suponer que éste no sea otra cosa sino el éter, cuyas vibraciones sirven para explicar los fenómenos luminosos. Sin embargo, la experiencia enseña que no hay fenómenos eléctricos en el vacío, es decir, donde no hay materia ponderable. Parece resultar de aquí que se debe llamar *fluido eléctrico* contenido en un volumen dado, no á la cantidad total de éter, que éste encierra, sino á la suma de las atmósferas de éter que rodean á las moléculas ponderables (1), es decir, al excedente de la cantidad total de éter que contiene el volumen sobre la cantidad que contendría sin la presencia de las moléculas ponderables. Para explicar los fenómenos eléctricos bastará admitir que la materia ponderable atrae al éter en razón inversa del cuadrado de la distancia, y que la acción mutua de las dos atmósferas de éter es proporcional al producto de sus masas, estando también en razón inversa del cuadrado de la distancia.”

Aunque la teoría de un solo fluido parece la más probable, la gran mayoría de los físicos continúa valiéndose, para la explicación elemental de los fenómenos, de la hipótesis de los dos fluidos, y nosotros nos atendremos al uso general.

(1) Admitiendo que la acción de la materia ponderable sobre el éter sea atractiva, cada átomo ponderable está rodeado de una atmósfera de éter cuya densidad es mayor que en el vacío y decrece rápidamente á partir del centro; el excedente de éter acumulado alrededor de cada átomo es la masa de esta atmósfera.