

*eléctrica*. Muchas jarras reunidas, como en la figura 125, forman una *batería*. En éstas todas las armaduras interiores están en comunicación entre sí por medio de varillas metálicas que parten del botón de cada una de ellas y van á parar á la bola, más gruesa, de la jarra central; esta última bola es la que se pone en comunicación con el conductor de la máquina eléctrica cuando se quiere cargar la batería. Las armaduras exteriores están unidas unas con otras mediante su contacto con una hoja de estaño que cubre las paredes interiores de la caja y que comunica á su vez con el suelo por medio de una cadena metálica.

La carga eléctrica que esos poderosos condensadores acumulan en sus armaduras

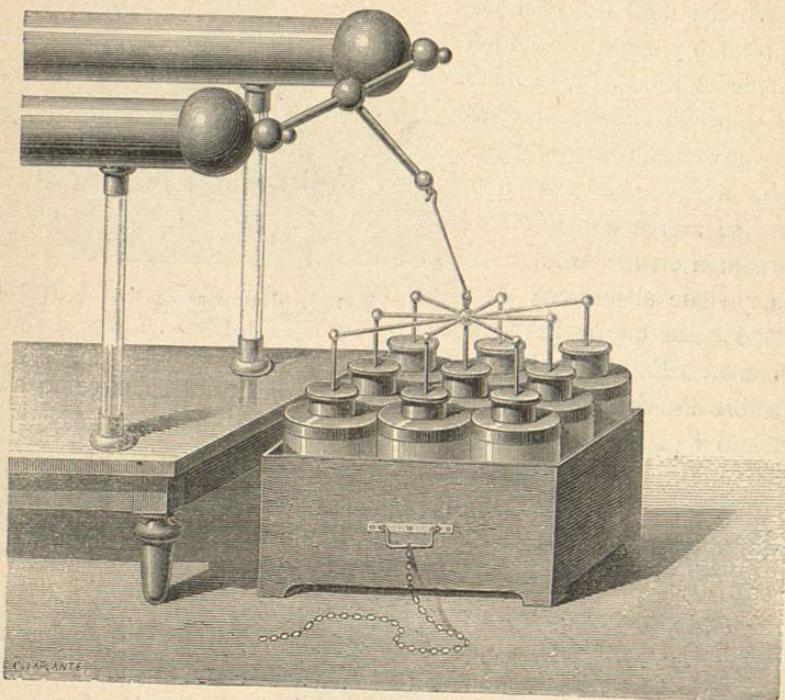


Fig. 125.—Batería de jarras eléctricas

es muy considerable, necesiéndose mucho tiempo para proporcionarles con las máquinas ordinarias toda la electricidad que son capaces de condensar. Se puede acelerar la operación dividiendo la batería en otras muchas, cada una de las cuales contenga dos ó tres jarras y haciéndolas comunicar dos á dos por medio de vástagos que unan las armaduras interiores. Esto es lo que se llama *carga por cascada*; pero las baterías parciales están entonces cargadas con desigualdad, según el orden que ocupan con relación á la batería empalmada directamente con el manantial eléctrico.

Las descargas de las baterías eléctricas son tanto más peligrosas cuanto mayor superficie tienen las jarras y más numerosas son. Una batería de seis elementos de tamaño regular produce ya conmociones muy fuertes, capaces de matar ciertos animales, como conejos y perros; así es que se deben tomar precauciones cuando se las quiere descargar. A este fin se puede emplear el *excitador universal*, que sirve también para otros muchos experimentos. Este aparato consiste en dos varillas de latón, cada una de las cuales termina por un lado en un anillo al que puede unirse una cadena, y por el otro en una esferilla. Estas varillas están colocadas sobre pies de vidrio y giran alrededor de una charnela. Sus dos esferas convergen hacia un pie de madera en el que se

coloca el cuerpo á través del cual se quiere hacer pasar la descarga. Una de las cadenas comunica con el suelo, y la otra con la rama de un excitador ordinario, con el cual se toca entonces sin riesgo el botón central de la batería eléctrica.

Terminaremos este capítulo con la descripción de algunos experimentos que nos darán á conocer los varios efectos mecánicos y físicos de la electricidad acumulada en los condensadores.

En los experimentos del mortero eléctrico y del termómetro de Kinnersley hemos tenido ya ejemplos de los efectos mecánicos que produce la descarga disruptiva. La

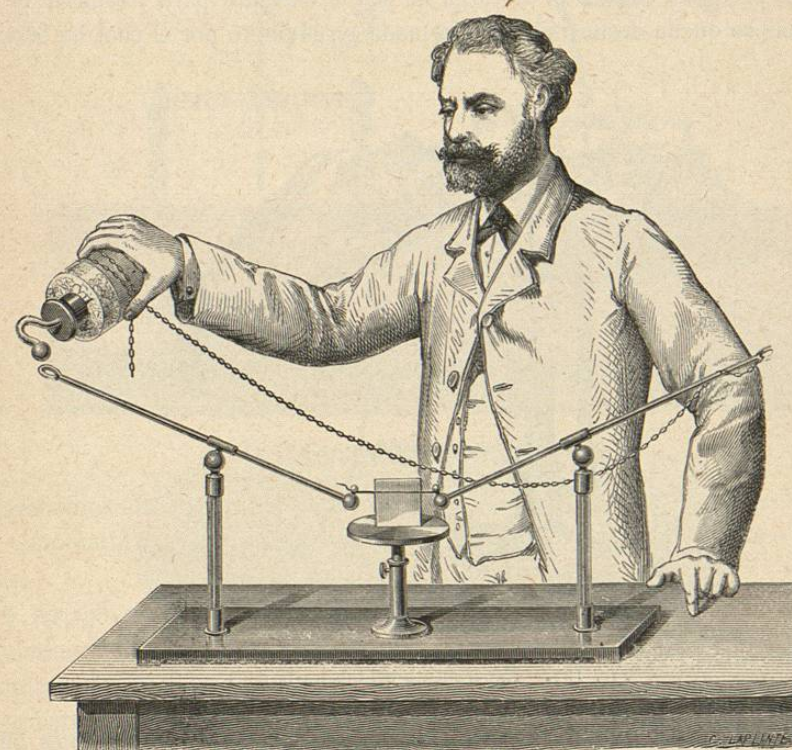


Fig. 126.—Excitador universal

violenta dislocación de las moléculas del cuerpo interpuesto entre los dos conductores se hace también ostensible con el *taladra-tarjetas* y con el *taladra-vidrios*.

Colócase una tarjeta entre dos puntas de conductores metálicos separados por un cilindro de vidrio. Cógese con la mano una botella de Leyden cargada, cuya guarnición exterior se pone en comunicación con uno de los conductores por medio de una cadena metálica, y luego se acerca el botón de la armadura interior á cualquier punto del otro conductor. La descarga tiene efecto á través de la tarjeta, que resulta con un agujero entre las dos puntas. No es fácil explicarse en qué consiste que, haciendo el experimento al aire libre, el agujero esté más cerca de la punta negativa que de la positiva, al paso que sucede lo contrario haciéndolo en el vacío (1). Es de advertir que los bor-

(1) Por lo común se atribuye esta diferencia á la menor tensión de la electricidad negativa, la cual se transporta con menos rapidez que la positiva, de suerte que el punto en que ocurre la descarga, y en el cual salta la chispa, está más inmediato á la punta positiva. De los experimentos hechos por Tremery resulta en efecto que el agujero aparece tanto más próximo al punto medio comprendido entre las dos puntas, cuanto más enrarecido está el aire.

des del agujero aparecen levantados en cada cara de la tarjeta de suerte que se puede suponer que en realidad han brotado dos chispas entre cada punta y el sitio en que la tarjeta, descompuesta por influencia, es atravesada por el fluido.

Del mismo modo se taladra una placa de vidrio de  $\frac{1}{8}$  á 1 milímetro de espesor, puesta horizontalmente entre dos puntas; sólo que, á fin de evitar que la electricidad se difunda por el vidrio, hay que dar un poco de aceite á cada punta metálica. Después de la descarga, se ve en la placa un agujero redondo: el paso de la electricidad ha pulverizado el vidrio. Para que este experimento salga bien, es menester emplear una batería enérgica; pero aun cuando la descarga no sea lo bastante para traspasar el vidrio, la placa siempre queda deslustrada y deformada en el punto por el cual ha brotado la chispa.

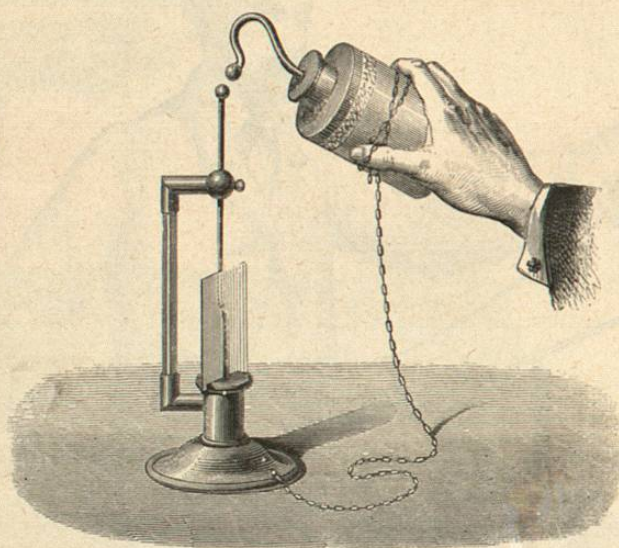


Fig. 127.—Experimento del taladra-tarjetas

Los efectos caloríficos de la descarga eléctrica no son menos interesantes que los mecánicos. Si se empalman las dos esferas del excitador universal (fig. 126) con un alambre muy fino, de plata dorada por ejemplo, el alambre se calienta y se pone incandescente; se funde y volatiliza si la carga eléctrica es bastante enérgica. Con las poderosas baterías del Conservatorio de Artes y Oficios se llega á fundir alambres de muchos metros de longitud. Por lo demás, para fundir alambres del mismo diámetro y de igual longitud se requieren cargas eléctricas muy diferentes: el hierro, el plomo y el platino se licúan más pronto que el oro, que la plata y, sobre todo, que el hierro: el plomo y el platino se licúan más pronto que el oro, que la plata y, sobre todo, que el cobre. La fusión es también más fácil si la descarga se efectúa al aire libre que si se hace en el vacío. Si se pone entre las bolas del excitador universal una hebra de seda dorada, la descarga funde el oro y deja la seda intacta. Se puede recoger las partículas del metal volatilizado en una tarjeta á la cual se sujeta la hebra antes del experimento, y entonces se ve en aquélla una mancha negruzca formada por un fino polvillo de oro volatilizado. Operando con diferentes metales, se obtienen manchas de varios colores, y si los que se emplean son oxidables á elevadísimas temperaturas, las huellas que resultan están formadas por los óxidos metálicos reducidos á polvo impalpable. Van Marum hizo en el siglo pasado bonitos experimentos sobre el transporte de los metales por la

descarga eléctrica. Fusinieri hizo pasar una descarga entre dos bolas, una de oro y otra de plata, y observó que la primera estaba plateada y la segunda dorada alrededor de los puntos entre los que había brotado la chispa. Es probable que los fenómenos de

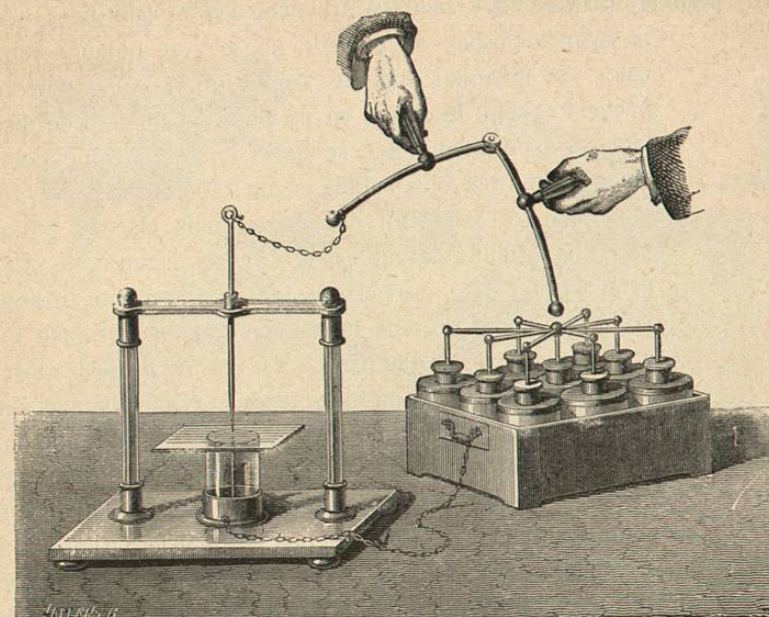


Fig. 128.—Experimento del taladra-vidrios

que acabamos de hablar sean complejos, y que dependan á la vez de la elevación de la temperatura producida por la descarga y de un transporte mecánico de las moléculas.

Se ha aprovechado esta propiedad para obtener estampaciones metálicas que reproducen distintos dibujos. En las cátedras se hace el experimento llamado *retrato de Franklin*, basado en ella.

En la figura 129 se ve una hoja de papel grueso en la cual está recortado el retrato del ilustre físico; á cada lado de la hoja hay pegadas otras de estaño, estando aquélla cubierta por encima con una hoja de oro y por debajo con un trozo de seda blanca. Después de doblar sobre la hoja de oro las partes del papel que se ven arriba y debajo del retrato, se mete todo en una prensa, apretando los tornillos para que el contacto resulte más perfecto, y colocando en seguida la prensa en el soporte del excitador universal. Cuando las bolas de éste están en contacto con las tiras de estaño que salen por uno y otro lado de la prensa, se hace pasar la descarga. La hoja de oro volatilizada deja en la seda una impresión negruzca que reproduce todos los recortes, y el dibujo queda estampado por la electricidad.

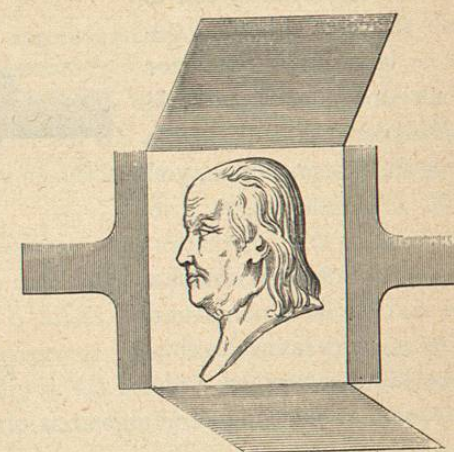


Fig. 129.—Experimento del retrato de Franklin

La fusión de los hilos metálicos es una prueba evidente de la elevación de temperatura que acompaña á las descargas eléctricas cuando tienen efecto al través de un conductor. Las descargas disruptivas, es decir, las que ocurren al través de un aislador, como el aire, seguidas de una chispa, también producen efectos caloríficos, por más que

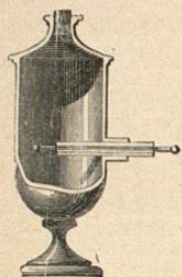


Fig. 130. — Pistoleta de Volta: vista interior

al sacar la chispa con el dedo no se note ninguna sensación de calor. Se inflaman materias combustibles, como pólvora ó éter, haciendo brotar la chispa en un punto cualquiera de dichas substancias, experimento que se hacía en otro tiempo del modo siguiente. Una persona, subida en un taburete aislador, tocaba con una mano el conductor de una máquina eléctrica y con la otra acercaba la punta de una espada á corta distancia de una escudilla llena de éter que otra persona tenía en la mano. El líquido ardía tan luego como brotaba la chispa. Watson consiguió inflamar el éter con una chispa que pasaba á través de un pedazo de hielo.

La chispa eléctrica produce también efectos químicos muy interesantes. Si se la hace pasar por una mezcla gaseosa explosiva, por ejemplo de oxígeno é hidrógeno, la explosión es instantánea. En este hecho está basada la construcción del *pistoleta de Volta*. Las figuras 130 y 131 representan la sección diametral y la vista exterior de este pequeño aparato, que consiste en una vasija esfero-cilíndrica de metal, cerrada con un tapón y llena

de una mezcla de oxígeno é hidrógeno. Una varilla de cobre terminada en dos bolas atraviesa la pared inferior del cilindro, estando aislada por un tubo de vidrio. Puesto el aparato en comunicación con el suelo, se acerca el botón exterior de la varilla al conductor de una máquina eléctrica. Al combinarse los dos gases producen una explosión, y el tapón salta con fuerza á lo lejos.

La chispa eléctrica suscita una porción de reacciones químicas, entre las cuales citaremos la formación del ácido

nítrico con el oxígeno y el nitrógeno; la síntesis del agua, que se obtiene mediante la descarga en el aparato eudiométrico del que hablaremos más adelante; la descomposición del amoníaco, etc.

Finalmente, ya hemos indicado algo acerca de los efectos de la descarga cuando pasa al través de los órganos del hombre y de los animales. Las conmociones son tanto más fuertes, agitan una porción del cuerpo tanto más extensa, cuanto más enérgicas son las descargas que las engendran; y ya hemos dicho lo peligroso que es recibir la descarga de una batería formada por un corto número de botellas de Leyden. Con un condensador llamado *cuadro fulminante* se hace un experimento con el cual se siente

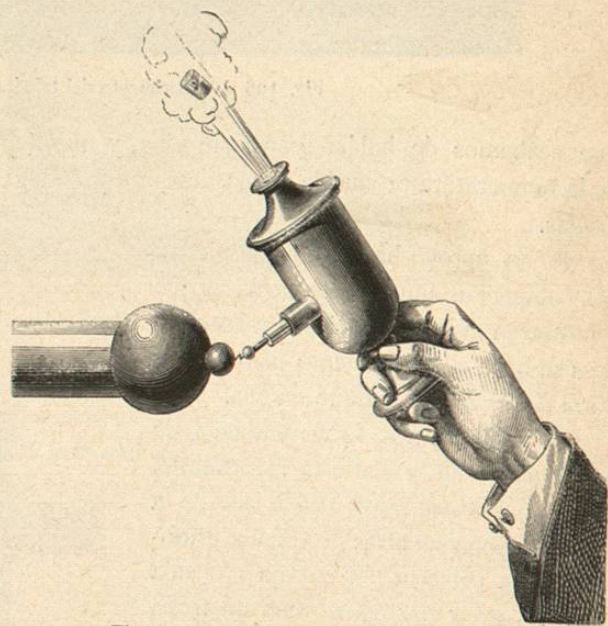


Fig. 131. — Explosión del pistoleta de Volta

una sacudida de efecto raro y divertido. El cuadro fulminante no es otra cosa sino una placa rectangular de vidrio que tiene cada una de sus caras cubierta con una hoja de estaño; una de estas hojas está enteramente aislada; la otra comunica por medio de

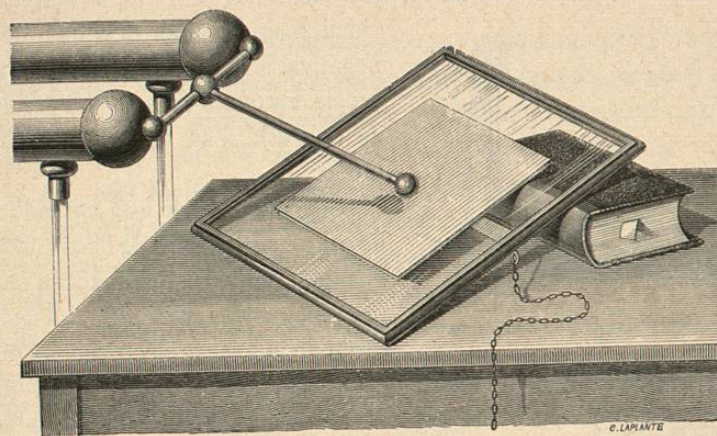


Fig. 132. — Cuadro fulminante

una plaquita con el marco de madera, y luego con el suelo por una cadenilla metálica. Poniendo la primera hoja en contacto con un manantial de electricidad, se carga el condensador, y si alguien quiere coger entonces con la mano una moneda puesta sobre la hoja de estaño superior, siente una sacudida que le obliga á contraer los dedos, impidiéndole coger la moneda.

#### IV

##### ELECTROSCOPIOS Y ELECTRÓMETROS

Descritos ya, con todos los detalles necesarios, los aparatos productores de electricidad y varios experimentos que se pueden efectuar con ellos, digamos algunas palabras acerca de los instrumentos de observación y medición que son su complemento indispensable.

Dase el nombre de *electroscopios* á los instrumentos que sirven para conocer si un cuerpo está ó no electrizado, y en el primer caso, la clase de electricidad libre desarrollada en su superficie. Los péndulos simples ó dobles, de que antes hemos tratado, son electroscopios. Se aplica el nombre de *electrómetros* á los instrumentos con que se miden las cantidades de electricidad de los cuerpos. La balanza de torsión de Coulomb, descrita en el artículo consagrado á la determinación de las leyes de las acciones eléctricas, no es otra cosa sino un electrómetro.

El *péndulo eléctrico simple* se compone, como ya sabemos, de una bolita de corcho ó de saúco, suspendida de un hilo que unas veces es conductor y otras aislador. Cuando el hilo es conductor y comunica con el suelo por un pie metálico, el aparato indica solamente, en virtud de la atracción que experimenta la bola, si el cuerpo que se acerca á él está electrizado ó en estado natural. Si el hilo de suspensión es de seda y el pie de vidrio está barnizado con goma laca, el péndulo sirve para conocer la naturaleza de la electricidad del cuerpo. Para esto se le acerca á la bola, á la que atrae, repeliéndola

inmediatamente después del contacto. Hecho esto, se coge una barra de vidrio y otra de resina y se las electriza frotándolas con un pedazo de paño; se las acerca sucesivamente á la bola, y aquella de ambas que produce una repulsión está electrizada como el cuerpo. Podríase operar al contrario, es decir, electrizar la bola del péndulo poniéndola en contacto con una ú otra barra; electrizada por el vidrio, se cargaría de electricidad positiva; y por la resina, de electricidad negativa. Si el cuerpo sometido al experimento repele entonces la bola del péndulo, consiste en que está á su vez electrizado del mismo modo.

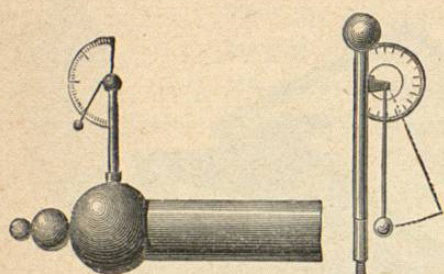


Fig. 133.—Electroscopios de cuadrante

El doble péndulo está formado de dos bolas de saúco suspendidas de hilos conductores (por ejemplo, de lino), que se tocan cuando no están electrizadas y se separan cuando se las carga de la misma electricidad. Dufay se sirvió de él desde 1733, luego el abate Nollet, y por último Cavendish (1781), que medía la fuerza de electrización, valuándola según la mayor ó menor divergencia de las bolas.

El *electroscopio de cuadrante* y el de *hojas de oro* son en realidad péndulos simples ó dobles, que también pueden servir de electrómetros.

La figura 133 representa el primero de estos aparatos que, como se ve, se compone de un soporte conductor que lleva un cuadrante de marfil. Del centro de éste pende la varilla de un péndulo de bola de saúco, varilla también de marfil y muy delgada. Cuando se pone este aparato sobre un cuerpo cargado de electricidad, ésta se difunde por todas las partes del electroscopio. La bola de saúco, puesta en contacto con el soporte, experimenta una repulsión, y al desviarse de la vertical marca cierto número de grados en el cuadrante, siendo el ángulo tanto mayor cuanto más enérgica es la carga eléctrica del cuerpo.

El *electroscopio de hojas de oro* (fig. 134) se compone de una campana de vidrio puesta sobre una placa de metal, en cuyo interior penetra un vástago de latón terminado exteriormente en una bola ó en un platillo metálico. Dicho vástago lleva dos hojas de oro que se mantienen verticalmente en contacto cuando el aparato no está electrizado, y que divergen cuando lo está. Véase cómo se usa el electroscopio de hojas de oro, cuando se quiere averiguar si un cuerpo está ó no electrizado:

Se acerca poco á poco el cuerpo en cuestión á la bola exterior; si no está cargado de electricidad, las hojas se mantienen en contacto; si lo está, positivamente por ejemplo, la electricidad neutra del sistema formado por el botón, el vástago metálico y las hojas de oro, se descompondrá por influencia, el botón atraerá la electricidad negativa y la positiva será repelida á las hojas, las cuales se separarán una de otra, formando entre sí un ángulo tanto más abierto cuanto mayor sea la carga eléctrica del cuerpo. Si en tal momento se toca el botón con el dedo, la electricidad de la misma naturaleza que la del cuerpo inductor pasará al suelo, y así lo hemos visto más arriba al describir

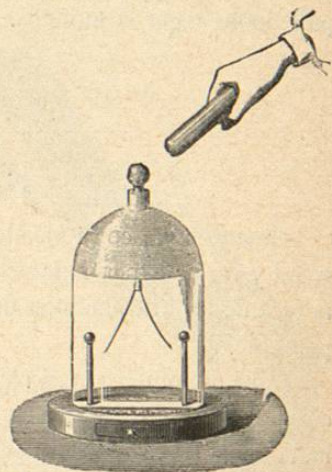


Fig. 134.—Electroscopio de hojas de oro

los fenómenos de electrización por influencia. Las hojas de oro se acercarán, pues, á la vertical, y el sistema quedará cargado de electricidad negativa, acumulada principalmente en el botón. Si se retira el dedo y al mismo tiempo el cuerpo inductor, la misma electricidad negativa se difundirá por el sistema y hará que las hojas de oro se separen de nuevo.

A cada lado de las hojas de oro del electroscopio hay una varilla vertical con una bola en la punta; estas varillas, que descansan en el platillo del aparato y que por consiguiente comunican con el suelo, adquieren por influencia una electricidad contraria á la de las hojas; las atraen, pues, y contribuyen por lo tanto á aumentar su divergencia. En el caso de que esta divergencia fuese tan grande que las hojas de oro llegaran á tocar las paredes de la campana de vidrio, las bolas de las varillas las detendrían. A causa de este contacto, las hojas pierden su electricidad y vuelven á caer en la vertical; pero así se evita el inconveniente que hubiera resultado de la adherencia de las hojas á las paredes de la campana.

Así pues, en virtud de esta operación el electroscopio queda cargado de electricidad, la cual es siempre de naturaleza contraria á la del cuerpo puesto en contacto con él. En tal estado, puede servir para conocer cuál es la clase de dicha electricidad, dado caso de que se ignorase. He aquí cómo se procede entonces para averiguarla:

Se aproxima al botón del instrumento un cuerpo cargado de electricidad conocida, por ejemplo una barra de resina, electrizada negativamente. En el caso supuesto, es decir, hallándose las hojas cargadas de electricidad negativa, ¿qué sucederá? La influencia de la electricidad negativa de la barra se echará de ver por la mayor divergencia de las hojas, á las cuales será repelida la electricidad positiva del vástago y cuya tensión resultará así aumentada.

Si en vez de una barra de resina se hiciera uso de una de vidrio, electrizada positivamente, las electricidades contrarias de las hojas de oro y del vidrio se atraerían, y la divergencia, en lugar de aumentar, disminuiría hasta ponerse aquéllas en contacto. Pero en este caso podría haber una causa de error, por cuanto, al tocarse las hojas, la influencia de la barra de vidrio puede causar una nueva descomposición y por consiguiente divergencia de las hojas de oro. Es por tanto preferible, cuando no hay desde luego divergencia, hacer otra prueba con un cuerpo cargado de electricidad contraria.

Cuando el manantial eléctrico cuya intensidad se quiere medir es muy débil, é impotente para producir una divergencia apreciable de las hojas de oro, se usa el *electroscopio condensador* de Volta, el cual no es más que un electroscopio de hojas de oro cuya sensibilidad se ha aumentado con la sustitución de la bola superior por un disco ó platillo metálico barnizado de goma laca. Sobre este disco se pone otro semejante, de la misma dimensión, provisto de un mango aislador y barnizado como el primero, de modo que se toquen sus dos caras aisladoras. Supongamos que se quiere estudiar el estado eléctrico de un manantial de poca fuerza, por ejemplo de una lámina doble de cobre y de zinc soldadas. Para ello se pone el platillo superior en comunica-

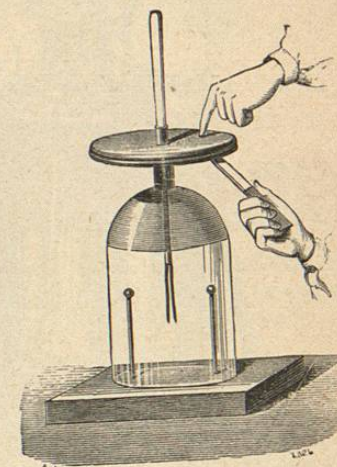


Fig. 135.—Electroscopio condensador de Volta