

tores, ó bien entre éstos y el suelo; puede apreciarse empíricamente el potencial por la longitud de la chispa: á mayor longitud de chispa mayor potencial.

319. *Límite de carga.*— Toda máquina tiene un límite de carga, aun en el caso de que el aire esté muy seco, de que los conductores se hallen muy bien aislados y de que sea muy grande la velocidad del disco. Una de las principales causas que limita la carga es que cuando la velocidad de rotación es muy grande, crece mucho el potencial de la carga, y entonces saltan chispas entre los peines y los cojines. Se dice entonces que se ha llegado al *límite de carga*, comparable al *límite práctico de vacío* en la máquina neumática.

320. *Máquina de Carré.*— La máquina de Carré tiene un disco pequeño de vidrio que frota entre unos cojines, y un disco grande de ebonita, sostenidos entre dos columnas de cristal que se apoyan en una sólida base metálica. El eje del disco de ebonita lleva una pequeña polea y el eje del disco de cristal tiene una polea grande; por las gargantas de ambas poleas pasa una correa cruzada. Al dar vuelta á la polea grande ambos discos giran en sentido contrario uno de otro, y dada la diferencia de los diámetros de las poleas el cilindro de ebonita gira con una velocidad mucho mayor que el disco de vidrio.

Las columnas aisladoras *a* y *b* sostienen un grueso cilindro de latón terminado por dos esferas y llamado el *gran conductor*. De este conductor cuelga un peine *g* que queda frente al disco de ebonita *B*, y en la columna *a* está una barra horizontal que sostiene otro peine *i*, el cual queda también frente al disco de ebonita. De esta barra sale un vástago me-

talico *d* que termina en una pequeña esfera. Según indica la figura, los dos discos se cubren en los  $\frac{2}{3}$  de sus radios.

La teoría de la máquina es la siguiente: El disco de cristal al girar entre los cojines se electriza po-

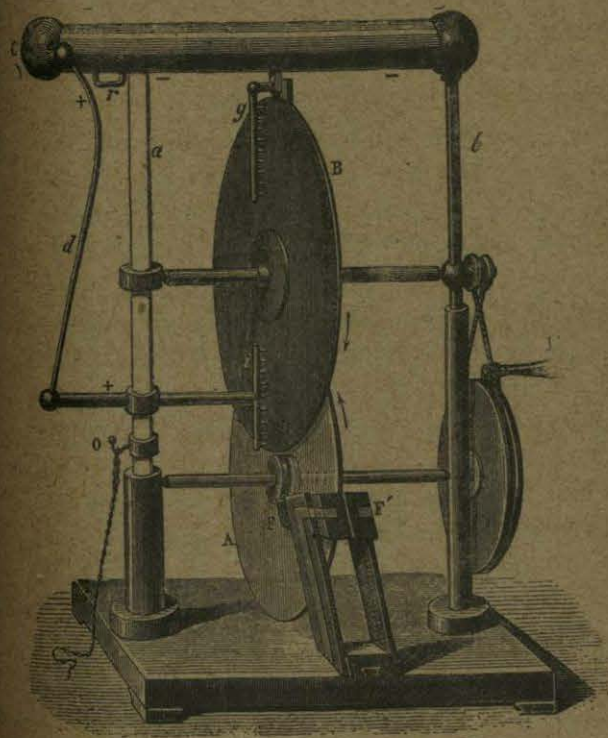


Fig. 314. Máquina de Carré.

sivamente, y al pasar frente al peine *i* descompone su electricidad á través del disco de ebonita, atrayendo la negativa y haciendo que la positiva se pierda en el suelo por medio de una cadena. Sube el disco de ebonita cargado con la electricidad negativa que

le cedió el peine, y entonces esta electricidad descompone la neutra del gran conductor, atrayendo la positiva por los puntos del peine *g*, y dejando al conductor cargado de electricidad negativa.

Entonces saltan chispas entre la bola *e* y el conductor *C*. Estas chispas son ruidosas y alcanzan gran longitud. Aumentando el poder de la máquina con un condensador, las chispas son frecuentes y muy luminosas.

321. *Máquina de Wimshurst*.—La máquina de Wimshurst, de empleo muy generalizado en los laboratorios, se compone de dos discos de vidrio, uno algo más pequeño que el otro; y ambos llevan pegadas unas tiritas de papel de estaño en el sentido de los radios, ó bien unos discos con unos casquetes esféricos de latón niquelado. En las extremidades del diámetro horizontal y frente al disco van dos peines de latón que comunican con los conductores de la máquina. Estos conductores, que pueden acercarse ó alejarse á voluntad, terminan en unas esferas, entre las que saltan las chispas.

Hay, además, otros dos conductores cruzados en ángulo recto y que llevan unas escobillas de talco que frotan contra las hojas ó discos de estaño.

En las máquinas de construcción más reciente hay un conductor provisto de peines frente al disco pequeño é inclinado á 45°.

El disco grande lleva unas pequeñas piezas metálicas provistas de escobillas.

En la mesa de la máquina hay dos condensadores con cuyo auxilio se obtiene una chispa muy grande y ruidosa. Estos condensadores pueden comunicarse ó incomunicarse á voluntad.

La teoría aceptada para la máquina de Wimshurst

es la siguiente: Al encontrarse dos tiras de estaño, de ambos discos, una frente á otra, entre los peines, se cargan de igual cantidad de electricidad, del mismo signo que la desprendida por las puntas y por

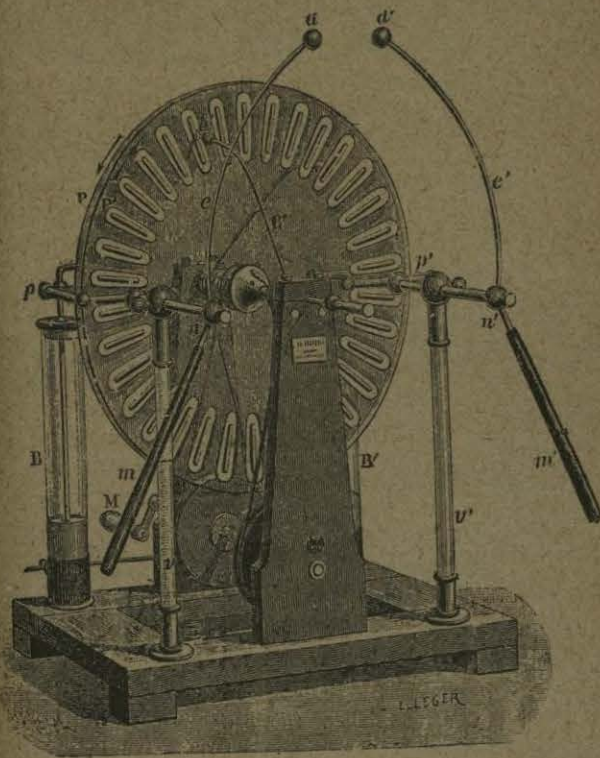


Fig. 315. Máquina de Wimshurst.

las escobillas, que pueden ser consideradas como verdaderos manantiales de electricidad con respecto á las hojas de estaño con que se hallan en contacto.

Si suponemos que el peine de la derecha desarro-

le electricidad positiva, las tiras de estaño saldrán de ahí cargadas también de electricidad positiva, y las que pasen frente al peine de la izquierda llevarán una cantidad igual de electricidad negativa.

Como los dos discos giran en sentido inverso, se cruzarán las hojas de estaño cargadas de electricidades de nombre contrario.

Cada par de hojas de estaño separadas por el vidrio y por una capa de aire forman un verdadero condensador, así es que la carga de electricidad va siempre en aumento, no habiendo más límite para la carga que el equilibrio de los desperdicios de electricidad. Estas máquinas son muy poderosas y producen simultáneamente fluido positivo y negativo.

322. *El valor del potencial.*—No están bien explicados todavía los hechos observados en las máquinas electrostáticas, de lo que resulta que las teorías son incompletas.

Las máquinas electrostáticas son de *muy alto potencial*, al grado que Thomson calculó que una buena máquina que da una chispa de *tres centímetros* de longitud, establece entre sus polos una diferencia de potencial que equivale á la de una batería de *ochenta mil* elementos Daniell asociados en serie.

Es importante hacer observar que en todas las máquinas electrostáticas la *electricidad positiva* sale de los peines en forma de *borlas violadas* (muy visibles en la obscuridad) que van al encuentro del platillo giratorio, es decir, que salen en sentido inverso del movimiento de rotación del platillo. La *electricidad negativa* se manifiesta de un modo enteramente distinto á su salida por las puntas: toma el aspecto de pequeñas *estrellas* luminosas también violadas.

No hay que olvidar que el conductor que comunica con los peines *positivos* es el *polo negativo* de la máquina, y el que comunica con los peines *negativos* es el *polo positivo*.

323. *Capacidad eléctrica.*—Se entiende por *capacidad eléctrica* la relación que hay entre la carga y el potencial de un conductor. Llamando M á la cantidad de electricidad y V al número de volts del potencial, la capacidad eléctrica C estaría representada por la ecuación:

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

Así es que la capacidad eléctrica de un conductor se mide por la cantidad de electricidad que hay que comunicarle para que su potencial suba un *volt*.

324. *Farad y Microfarad.*—Si en la fórmula  $C = \frac{M}{V}$  hacemos  $C = 1$ , el número de *coulombs* será igual al número de *volts*. Definiremos entonces la unidad de capacidad eléctrica, ó sea el FARAD, diciendo que es la capacidad de un condensador al cual la carga de un *coulomb* lo eleva al potencial de un *volt*.

Siendo el farad una unidad sumamente grande se emplea de ordinario otra unidad llamada *microfarad*, que es la millonésima parte del farad.

Así es que la unidad práctica de capacidad eléctrica es la de un condensador que con la carga de un *microcoulomb* (millonésima parte de un coulomb) hace subir un *volt* al potencial.

#### CONDENSACIÓN DE LA ELECTRICIDAD

325. Se conoce con el nombre de *condensadores* unos aparatos que pueden acumular grandes canti-

dades de electricidad en superficies relativamente pequeñas.

En términos generales, un condensador consta esencialmente de dos cuerpos conductores separados por un cuerpo aislador.

Condensador de *Epinus*. — El condensador de *Epinus* se compone de dos platillos circulares de latón aislados sobre pies de vidrio, y de una lámina de

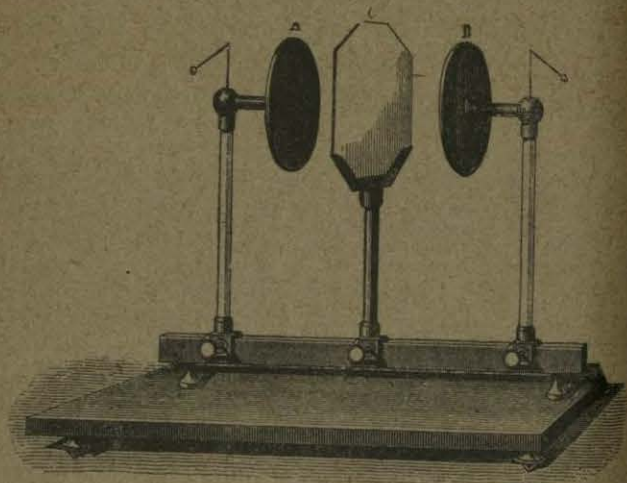


Fig. 316. Condensador de *Epinus*.

crystal que separa á los platillos metálicos. Cada uno de éstos lleva un pequeño péndulo eléctrico de hilo conductor, de cáñamo, y los pies de los platillos pueden resbalar á lo largo de una regla de madera que sirve de sostén.

Para cargar el condensador se acercan los dos platillos metálicos hasta ponerlos en contacto inmediato con el disco de vidrio, y después se comunica uno de ellos, por ejemplo B, con la máquina eléctrica, y

otro A con el suelo. El platillo que está en comunicación con el manantial de electricidad recibe el nombre de *colector* y el que está en comunicación con el suelo se llama *condensador*.

Cuando el péndulo *b* ha alcanzado su separación máxima, se dice que el condensador está cargado á saturación.

Entonces se retiran las cadenas metálicas para in-

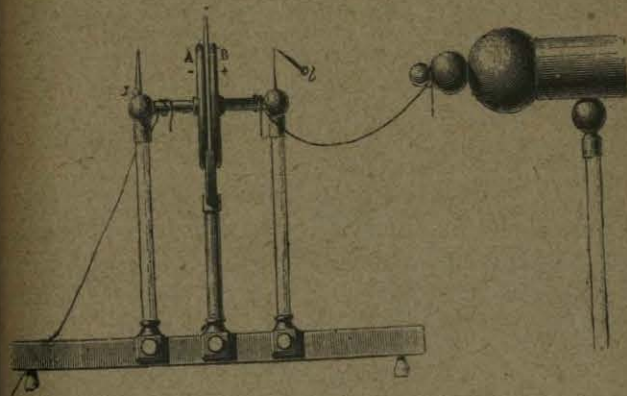


Fig. 317. El péndulo del platillo condensador no *diverge*.

terromper la comunicación del aparato, tanto con la máquina como con el suelo. En este momento el *colector* está cargado *positivamente*, suponiendo que ésta sea la electricidad de la máquina, y el otro platillo A está cargado *negativamente*; sin embargo, el péndulo de éste *no diverge*. Este hecho se expresa diciendo que la electricidad está *disimulada*.

Analicemos lo que ha pasado. El platillo B se ha cargado de electricidad positiva y esta electricidad se descompone, á través del vidrio, la electricidad neutra del platillo A, acumulando en la cara interior el fluido negativo, y haciendo que el fluido positivo se pierda por el suelo.

Ahora bien, si se toca con el dedo el colector *B*, salta una chispa, cae el péndulo *b* y diverge el péndulo *a*. Si en seguida se toca el platillo *A*, salta otra chispa, cae el péndulo *a* y diverge el péndulo *b*. Continuando estos contactos alternos se repite la misma serie de fenómenos, nada más que las chispas resultan cada vez más débiles. Esta *descarga* se llama *descarga lenta*.

326. *Descarga instantánea.*— Para descargar instantáneamente un condensador se hace uso de un aparato llamado *excitador*, que consiste en dos arcos de latón terminados por esferas del mismo metal y unidos por medio de un gozne.

Este es el excitador simple que se puede emplear con pequeños condensadores; hay otro provisto de mangos aisladores de vidrio y que se llama *excitador de mangos de vidrio*.

Para hacer la descarga se toca con una de las esferas la superficie del condensador que estuvo en comunicación con el suelo, y luego se acerca la otra esfera á la superficie que estuvo en comunicación con la máquina; salta entonces una fuerte chispa que proviene de la recomposición de las dos electricidades contrarias acumuladas en las dos caras del condensador.

Esta descarga no es completa á la primera vez, pues se puede obtener una segunda y una tercera chispa, aunque ya muy débiles. Estas nuevas descargas que se llaman secundarias provienen de que la electricidad que se ha desarrollado lentamente por influencia, ha penetrado hasta pequeña profundidad en la masa del aislador y á cada descarga reaparece de nuevo.

327. *Cuadro fulminante.*— El cuadro fulminante

de Franklin (\*) es un condensador que consiste en una lámina de cristal que lleva pegadas en ambas caras hojas de papel de estaño. La lámina de cristal está rodeada por un marco de madera, y una de las hojas de estaño comunica por una tira del mismo metal con una argolla fija en el marco. Para cargar el cuadro fulminante se hace comunicar la argolla con el suelo, y se acerca la otra hoja á la máquina eléctrica.

La descarga puede hacerse con el excitador ó to-

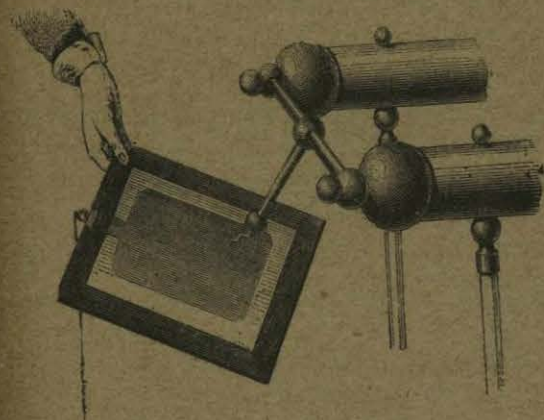


Fig. 318. Cuadro fulminante de Franklin.

mando las dos hojas de estaño con las manos. En este caso se experimenta una conmoción.

(\*) Benjamín Franklin, célebre estadista americano, economista, diplomático y físico, nació en Boston en 1700, murió en 1790. Entre otras invenciones se le debe la del pararrayo. Fué uno de los hombres que más contribuyeron al progreso de la civilización en América. Tomó una parte activa en la obra de la independencia de los Estados Unidos, y pudiera decirse que fué el autor principal.

328. *Botella de Leyden.*—Musschenbroek (\*), considerando que cuando los cuerpos electrizados están expuestos libremente al aire, pierden pronto su electricidad, como resultado de la conductibilidad del aire, pensó que si un cuerpo electrizado estaba rodeado enteramente por cuerpos malos conductores, podría recibir mayor cantidad de electricidad y conservarla por más tiempo. Musschenbroek, acompañado de algunos amigos, trató entonces de electrizar una poca de agua encerrada en una botella de vidrio. La botella estaba tapada con un corcho, el cual se hallaba atravesado por un alambre grueso, cuya punta penetraba en el agua. Se acercó la cabeza del alambre á una varilla metálica que comunicaba con la esfera de cristal de la máquina eléctrica, modificación de la de Otto de Guéricke (\*\*), y no se observó nada de particular al principio; pero cuando Musschenbroek, teniendo la botella con una mano, quiso destaparla con la otra, experimentó una conmoción terrible en el pecho y en los brazos, al grado de que creyó que esa conmoción iba á causarle la muerte, y más tarde aseguró que «no repetiría el experimento ni por todo el reino de Francia».

El experimento fué hecho por primera vez en la ciudad de Leyden (\*\*\*) el día 20 de Abril de 1746, y

(\*) Pierre Von Musschenbroek, físico holandés, nació en Leyden en 1692 y murió en la misma ciudad en 1761.

(\*\*) Otto de Guéricke, físico y astrónomo prusiano. Nació en 1602 y murió en 1686. Inventó la máquina neumática. Fué el primero en anunciar que se podía predecir la vuelta de los cometas. Construyó la primera máquina eléctrica.

(\*\*\*) Leyden, ciudad holandesa. Cuenta con una buena Universidad.

el mismo día escribió Musschenbroek una carta al físico Réaumur, que comenzaba de este modo:

Tengo que comunicaros un experimento nuevo, pero terrible, que os aconsejo no intentéis repetir. Yo estaba yo haciendo algunos experimentos acerca de la fuerza de la electricidad. Con este objeto había suspendido de dos hilos de seda azul, un tubo de hierro que recibía por comunicación la electricidad de un globo de vidrio que se hacía girar rápidamente sobre su eje mientras que se le frotaba aplicando contra él las manos; de la otra extremidad colgaba libremente un alambre de latón, cuya punta se sumergía en un frasco redondo de cristal, en parte lleno de agua y que tenía yo con la mano derecha, mientras que con la otra trataba de sacar chispas del tubo de fierro electrizado. Repentinamente mi mano derecha fué conmovida con tal violencia que sentí sacudido todo el cuerpo como por un rayo.» El descubrimiento de la botella de Leyden abrió un campo amplísimo para el estudio de la electricidad.

El primero que modificó la forma primitiva de la botella de Leyden fué Bevis, físico inglés, quien le dio la forma que conocemos actualmente; primero colocaba dentro de la botella municiones y forraba el exterior con papel de estaño; poco después substituyó las municiones con hojas de oro volador. La superficie de papel de estaño se llama *armadura exterior* y el oro volador forma la *armadura interior*. El tapón está atravesado por una varilla de metal que interiormente termina en punta y exteriormente en un gancho.

Por mucho tiempo se hicieron experimentos con la botella de Leyden; pero nadie daba una teoría

satisfactoria del funcionamiento del curioso aparato hasta que Franklin la expuso en el año de 1747.



Fig. 319.  
Botella de Leyden.

Franklin, después de hacer numerosas pruebas, todas concluyentes, expuso la siguiente teoría de la botella de Leyden, teoría que se acepta aún en la actualidad.

Si una persona tiene la botella de Leyden por la armadura exterior y acerca la interior á una máquina eléctrica que dé, por ejemplo, electricidad *positiva*, la armadura interior de la botella se cargará también de electricidad positiva.

Entonces esta electricidad positiva descompone, á través del vidrio, el estado neutro de la armadura exterior, atrayendo la electricidad *negativa* contra el vidrio y haciendo que la electri-



Fig. 320. Carga de la botella.

dad positiva se pierda por el cuerpo del experimentador que comunica con el suelo.

De esta manera se van acumulando las dos electricidades de nombre contrario en las paredes del

vidrio de la botella, y la carga será tanto mayor cuanto más grande sea la superficie de la botella.

Para descargar la botella se toca con un arco de metal, llamado *excitador*, la armadura exterior, después se acerca la otra extremidad del excitador á la armadura interior de la botella, y entonces salta una chispa brillante y ruidosa. Si la persona que tiene la botella por la armadura exterior toca con la otra mano la armadura interior, experimenta una conmo-

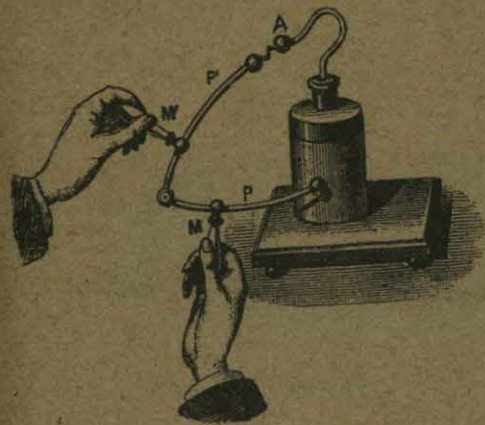


Fig. 321. Descarga de la botella.

ción tanto más fuerte cuanto mayor sea la botella y mayor la carga que ésta haya recibido.

327. *Botella de armaduras móviles.*—Para demostrar que en la botella de Leyden y en todos los condensadores no solamente se cargan las armaduras, sino también y principalmente las dos caras del aislador intermedio, Franklin ideó construir una botella de Leyden de armaduras móviles. Consta de un vaso cónico de vidrio B, de una armadura exterior de latón C y de una armadura interior D, también

de latón. Colocadas las piezas en sus lugares respectivos, como lo indica la figura A, se carga la botella y se coloca después sobre una torta de resina, y se separan las piezas unas de otras. Las dos armaduras C y D han vuelto al estado neutro como resultado del contacto con la mano del operador, y sin embargo, si se vuelve á armar la botella se saca de ella una chispa casi tan fuerte como si no se hubieran descargado las armaduras.

328. *Jarras y baterías eléctricas.*—Una jarra eléctrica

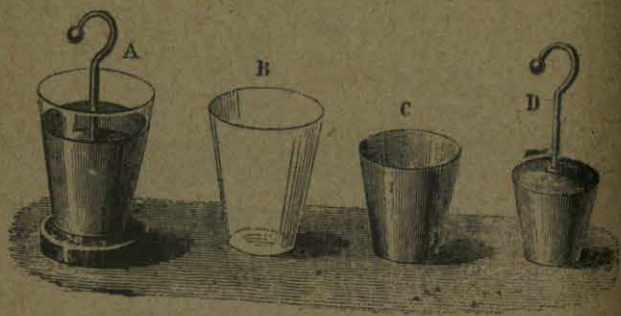


Fig. 322. La botella de armaduras móviles.

trica es una botella de Leyden de gran tamaño y de boca ancha, forrada tanto interior como exteriormente, con papel de estaño. El tapón está atravesado por un vástago de metal que termina en una cadenita que va á tocar el fondo de la jarra. Reuniendo varias jarras se forma una *batería eléctrica* cuyos efectos son considerables. Hay, pues, que manejar una batería con muchas precauciones y *jamás descargarla con las manos*, pues podrían ocurrir accidentes muy graves.

EXPERIMENTOS CON LA MÁQUINA ELÉCTRICA

329. *El campanario eléctrico.*—El aparato para el experimento del campanario eléctrico consiste en

una varilla de latón de la cual penden tres timbres, los de las extremidades con cadenas de latón y el central con hilo de seda. Este timbre comunica con el suelo por medio de una cadenita metálica. Entre los timbres hay

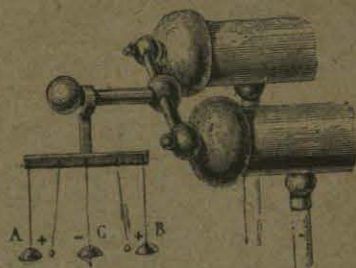


Fig. 323. El campanario eléctrico.

unos hilos de seda con unas esferitas de latón. Tan pronto como la máquina funciona, las esferitas son sucesivamente atraídas y rechazadas entre los timbres. El fenómeno es muy bonito en la obscuridad, pues se ven saltar numerosas chispas.

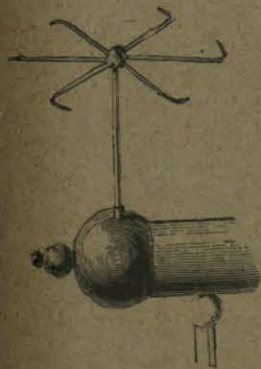


Fig. 324. El molinete eléctrico.

Suponiendo que el experimento se ejecute con la máquina de Ramsden, resulta que los timbres A y B se cargan de electricidad positiva. Esta electricidad descompone la neutra de cada esfera, y entonces hay una atracción que se convierte en repulsión en el momento del contacto. Las esferitas son rechazadas y la electricidad que llevan la comunican al timbre C que la conduce al suelo. Vuelven



las esferas al estado neutro, pero como la máquina ha seguido funcionando, se verifica una nueva atracción y así sucesivamente.

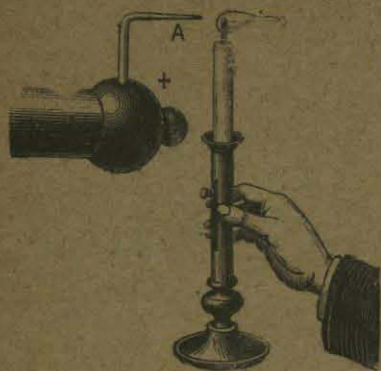


Fig. 325. La flama es impulsada por el viento eléctrico.

330. *El molinete eléctrico.*—Para demostrar que la electricidad se pierde por las puntas, se fija una varilla en el conductor de la máquina eléctrica, y sobre esta varilla puede girar una estrella de alambre cuyas puntas están dobladas en el

mismo sentido. Al funcionar la máquina, la estrella gira en sentido contrario á la dirección de las puntas.

Al escaparse la electricidad por las puntas, el aire se electriza de la misma clase de electricidad y entonces hay una repulsión. Esta repulsión de parte del aire es la causa del movimiento que adquiere el molinete; lo que se comprueba observando que al hacer el experimento en el vacío el aparato no se mueve.



Fig. 326. La flama se mueve en sentido contrario.

Puede variarse el experimento colocando en el conductor de la máquina eléctrica una punta metálica encorvada en ángulo recto; si ya que está funcionando la máquina se acerca á la punta una vela encendida, se observa que la flama es impulsada por

un soplo. En cambio, si la vela se pone sobre el conductor y se le acerca una punta que se tiene en la mano, la flama se mueve en sentido contrario, porque en este caso la electricidad neutra del experimentador ha sido descompuesta por influencia.

331. *Experimento del granizo.*—El aparato se compone de una campana de cristal, cuyo cuello está

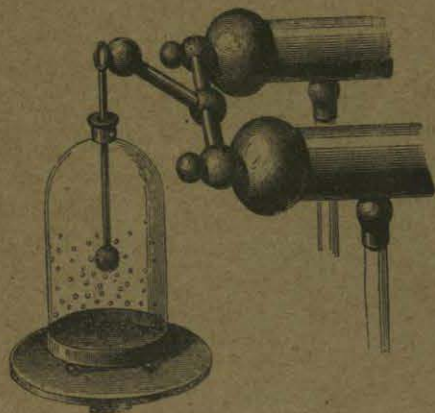


Fig. 327. Experimento del granizo.

atravesado por una varilla de latón que sostiene un platillo metálico. En la base hay otro platillo de metal con muchas esferitas de médula de saúco. Se comunica la varilla con la máquina eléctrica, y luego que ésta funciona, se ven saltar las esferitas entre ambos platillos.

332. *El taburete eléctrico.*—El taburete eléctrico se compone de una plancha de madera sostenida por cuatro pies de vidrio, y sirve para aislar á una persona y poder electrizarla por contacto con una máquina eléctrica.

Si estando una persona parada en el taburete eléctrico y en comunicación con un manantial de

electricidad, se le toca en cualquier punto del cuerpo, salta una chispa y ambos experimentadores sienten una pequeña conmoción.

El físico Duffay fué quien por primera vez sacó chispas del cuerpo humano, y este experimento llamó mucho la atención.

El banquillo eléctrico sirve para hacer muchos experimentos. Una persona electrizada y aislada en el banquillo produce la atracción de los cuerpos ligeros que se le acercan, y si se colocan en su mano pedacitos de papel de China, son rechazados y se escapan en forma de lluvia. Acercando tubos de cristal con gases enrarecidos á una persona electrizada, los tubos se encienden á distancia por un efecto de influencia eléctrica.

EFFECTOS PRODUCIDOS POR LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA

333. Los efectos producidos por la electricidad estática pueden ser de cinco clases: *luminosos, mecánicos, caloríficos, fisiológicos y químicos.*

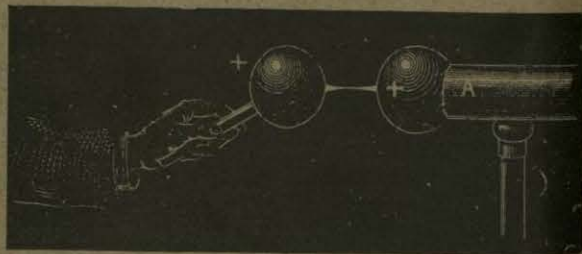


Fig. 328. Chispa rectilínea.

334. *Efectos luminosos.*—El primer efecto luminoso que se observa al hacer funcionar una máquina

eléctrica, por sencilla que ésta sea, es la chispa que salta cuando se acerca una barra metálica ó el dedo á uno de los conductores. Si la distancia de descarga es corta, se ve una línea luminosa, una ráfaga de fuego rectilínea; si la distancia es de 6 á 7 centímetros, la chispa presenta la forma de una curva sinuosa con ramificaciones muy tenues; pero si aumenta mucho la distancia y el potencial de descarga es fuerte, la chispa aparece en forma de zigzag, que es el aspecto más general de los relámpagos. Una máquina de Wimshurst, de grandes discos, produce hermosas chispas de 25 centímetros de longitud.

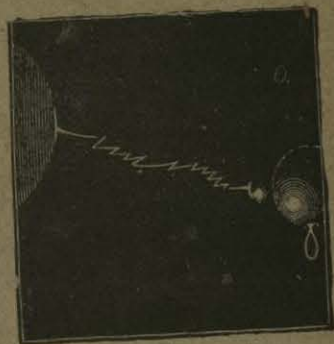


Fig. 329. Chispa en forma de zigzag.

Cuando se hace funcionar una máquina eléctrica en la oscuridad se ven salir de los peines y escobillas unos penachos luminosos, generalmente de color violado, que se conocen con el nombre de *efluvios.*

335. *El tubo centelleante.*—Este aparato se compone de un tubo de cristal que lleva en sus extremidades unos casquillos metálicos, uno de los cuales tiene un gancho terminado por una esfera. En el interior del tubo van pegados unos rombitos de papel de estaño, entre cuyos vértices hay pequeñas soluciones de continuidad, y los rombos forman en su conjunto una hélice que va de un casquillo al otro. Una vez obscurecida la pieza, se toma el tubo por la extremidad y se acerca el gancho al conduc-

tor de la máquina eléctrica. Salta entonces una sucesión de chispas entre rombo y rombo, y aparece

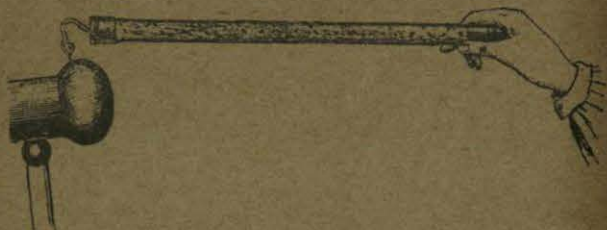


Fig. 330. El tubo centelleante.

dentro del tubo una hélice de fuego casi continua.

336. *El cuadro mágico.*—El cuadro mágico se compone de una lámina de cristal sostenida por unas columnas de vidrio.

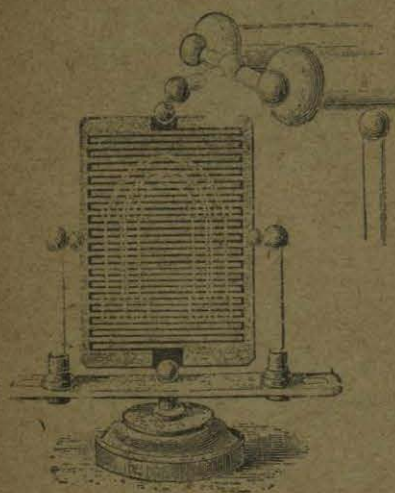


Fig. 331. El cuadro mágico.

En la lámina se pega una tirita de papel de estaño que se va doblando en ángulo recto en toda la superficie del cuadro. Al principio y al fin de esta tira hay unas pequeñas esferas de metal.

Con una navaja bien afilada se van quitando pedacitos de estaño de tal manera que se forme una figura determinada: una flor,

un arco, una letra. Poniendo en contacto la esfera superior del cuadro con el conductor de la máquina y comunicando la otra esfera con el suelo, por me-

dio de una cadena, se observa, al hacer funcionar la máquina, que toda la figura se ilumina, debido á las pequeñas chispas que saltan simultáneamente entre las soluciones de continuidad.

Si el experimento se hace con la máquina de Wimshurst, se comunicará cada esfera respectivamente con los polos de la máquina.



Fig. 333. El huevo eléctrico.

337. *La botella centelleante.*—Una botella de Leyden sirve para hacer una botella centelleante poniendo en la cara exterior de la botella



Fig. 332. La botella centelleante.

una barniz en el que se ha salpicado limadura de cobre. En la parte inferior de la botella se pone una soldadura de estaño de donde cuelga una cadena para poner en comunicación

la botella con la tierra. Arriba de la capa de barniz se pone otra tira de estaño con un apéndice que va á dar muy cerca del gancho inclinado de la botella. Si se pone en comunicación la botella con una máquina eléctrica cargada, se ve que salta una chispa

entre la esferita del gancho y el apéndice de estaño y que inmediatamente se enciende toda la botella, saltando una chispa entre cada uno de los polvos de la limadura de cobre.

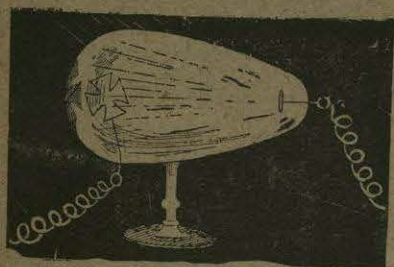


Fig. 334. Tubo de Crookes.

Se hace el vacío en el globo hasta 1 ó 2 milímetros (véase página 149), se comunica el vástago superior con la máquina eléctrica y el pie metálico se comunica con el suelo. Cuando se hace funcionar la máquina se observa entre una y otra bola un resplandor purpurino poco intenso; el brillo es mayor en el polo positivo, y el negativo aparece envuelto en una luz violada. El color de la luz varía con el gas que contiene el globo.

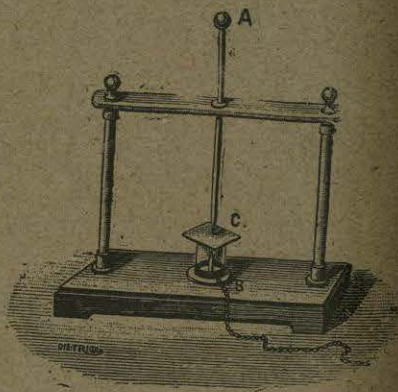


Fig. 335. El taladra-tarjetas.

Si en lugar de hacer el experimento en el *huevo eléctrico* lo hacemos en un tubo donde el vacío ha

ido hecho á un millonésimo de atmósfera — tubo de Crookes — desaparecen los resplandores y el tubo se ilumina — principalmente en la parte opuesta al polo negativo — con una luz verde. Las radiaciones que emanan de estos tubos pueden obrar sobre sustancias fluorescentes colocadas en el exterior — platino-cianuro de bario, tungstato de calcio, sulfuro de cadmio — pueden atravesar los cuerpos opacos é impresionar placas fotográficas. Dos clases de radiaciones producen esos tubos: las visibles, que son los rayos catódicos y las invisibles, que constituyen los maravillosos Rayos X descubiertos por el Profesor W. Roentgen, de Wurzburg, á fines de 1895.

339. Efectos mecánicos.

— Los efectos mecánicos consisten en desgarramientos, rupturas y expansiones violentas producidas por el paso de la chispa.

Un aparato destinado á producir un efecto mecánico es el que se llama *taladra-tarjetas*.

Se compone de un soporte de madera en cuyo centro está fijo un vaso de vidrio cuyo fondo es metálico y lleva un gancho. A los lados se levantan unas columnas de cristal que sostienen una pieza de madera atravesada por una punta metálica. Del fondo del vaso sale otra punta que llega cerca de los bordes del vaso y que se halla á corta distancia de la otra punta.

La tarjeta que se desea taladrar se coloca sobre el



Fig. 336. Inflamación del éter.

vaso; en seguida se carga la botella de Leyden, fijando una cadena en el gancho que lleva el fondo del vaso, se toma la cadena y la botella con una mano. Al acercar el gancho de la botella á la esfera superior del aparato, salta una chispa entre las puntas y la tarjeta se taladra.

340. *Efectos caloríficos.*—La chispa eléctrica produce también calor, como va á comprobarlo el experimento siguiente:

En una cápsula metálica que lleva una esfera en la parte interior y un gancho en la parte exterior, se coloca éter. Se fija una cadena en el gancho, se toma la cadena y la botella de Leyden, cargada, en una mano, y acercando la esfera de la botella á la esfera de la cápsula salta la chispa y se inflama el éter.

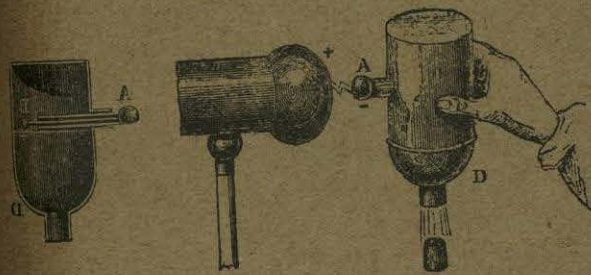
La descarga de una fuerte batería puede fundir y aun volatilizar el platino, el oro y la plata.

341. *Efectos fisiológicos.*—Los efectos fisiológicos consisten principalmente en conmociones más ó menos violentas que se sienten principalmente en las articulaciones. Tomándose varias personas de la mano y descargando la botella de Leyden las dos últimas, todas experimentan al mismo tiempo la conmoción. Este es el experimento de la *cadena*, que hizo por vez primera el Abate Nollet. La chispa directa de la máquina produce una ligera conmoción, la chispa de la botella de Leyden produce un sacudimiento intenso, y la chispa de una batería puede poner en peligro la vida del hombre.

342. *Efectos químicos.*—Los efectos químicos consisten en composiciones y descomposiciones que se originan en los cuerpos al paso de la chispa. El ácido sulfhídrico y el amoníaco, por ejemplo, se descomponen al saltar la chispa; el ácido carbónico se des-

compone parcialmente, el oxígeno y el hidrógeno se combinan para formar vapor de agua.

La *pistola de Volta* sirve para demostrar uno de los efectos químicos de la electricidad. Se compone de una botella metálica que tiene una tubuladura lateral atravesada por un tubo de vidrio. Por este tubo pasa un vástago metálico que termina en esfera. Se llena la botella con una mezcla detonante de 2 partes de hidrógeno por 1 de oxígeno, se tapa muy bien con un corcho y después se acerca la esfera A á la máquina eléctrica. La chispa que salta



Figs. 337 y 338. La pistola de Volta y su funcionamiento.

anteriormente entre la otra esfera y la botella, determina la inmediata combinación de los dos gases, y como este fenómeno viene acompañado de un gran desprendimiento de calor, el vapor de agua formado adquiere gran fuerza expansiva, y el tapón es lanzado con gran violencia, escuchándose una detonación semejante á la de un disparo de pistola.

343. *El campo eléctrico.*—Consideremos un conductor aislado y electrizado positivamente, en equilibrio en un medio aislado, aire seco por ejemplo; el medio aislador ha recibido el nombre de *dieléctrico*, y el espacio que rodea el conductor y hasta donde puede ejercer su influencia se llama *campo eléctrico*

del conductor. Si se coloca en un punto del campo una masa eléctrica, positiva, *igual á la unidad*, esta masa experimentará de parte de cada uno de los puntos del conductor una repulsión. Si la masa eléctrica es negativa habrá una atracción.

Para hacer patente la existencia del campo eléctrico en el curso de electricidad, en la Escuela Normal construí una lámina de cristal aislada entre dos columnas de ebonita, y llevando en una de sus caras una lámina de papel de estaño de menor superficie que la hoja de vidrio. El estaño comunica, por medio de una tirita del mismo metal, con un tornillo terminal fijo en la arista superior del vidrio. De esta terminal parte un largo alambre aislado que va á dar á uno de los polos de la máquina de Wimshurst, y el otro polo comunica con el suelo por medio de una cadena. Puesta la máquina en actividad se acerca uno á la pantalla de vidrio llevando tubos de Geissler en la mano, y se ve que éstos se encienden adquiriendo una intensidad casi igual á la que adquieren en el circuito de un carrete de inducción.

La distancia á que se encienden los tubos, ó lo que es lo mismo, la extensión del *campo eléctrico*, depende del potencial de la máquina y del estado higrométrico del aire.

#### RAYO Y PARARRAYO

344. El rayo es la descarga eléctrica que se verifica entre dos nubes tempestuosas cargadas de electricidades contrarias ó entre una nube y la Tierra.

Franklin, notable físico americano que residía en la ciudad de Filadelfia, fué el primero que ideó de-

mostrar por medio de experimentos la identidad del rayo con la electricidad, y al efecto, en el mes de junio de 1752 hizo, acompañado de su hijo, el famoso experimento del papelote, obteniendo chispas de considerables dimensiones.

En el rayo hay que estudiar dos fenómenos distintos: el *relámpago* y el *trueno*.

El relámpago es el resplandor más ó menos vivo producido por la chispa que estalla entre dos nubes entre una nube y la Tierra. Después de un cierto tiempo, que depende de la distancia á que se halla la nube del observador, se escucha un ruido, que unas veces es una detonación brusca y otras un fragor rudo y prolongado. Este ruido es el trueno.

Fácilmente se comprende por qué la percepción de la luz y del sonido no son simultáneas. La luz recorre 308,000 kilómetros por segundo, mientras que el sonido recorre apenas 340 metros por segundo, próximamente.

Muy variable es la forma y la coloración de los relámpagos. Aquélla es generalmente sinuosa, y ésta es blanquecina, purpúrea y algunas veces verdosa.

En algunas noches tranquilas se observan relámpagos por el horizonte, sin que se escuche el ruido del trueno. Se cree que esos relámpagos son producidos por nubes situadas abajo del horizonte, hallándose á una distancia tan grande de nosotros que es imposible percibir el ruido del trueno.

El rayo cae siempre sobre los objetos más cercanos á la nube y que sean mejores conductores. Se observa, efectivamente, que el rayo cae sobre los edificios elevados, los árboles y los cuerpos metálicos. Es, pues, una imprudencia guarecerse debajo de los árboles durante una lluvia de tempestad, principal-

mente si el árbol es buen conductor de la electricidad, como el encino.

El rayo deja á su paso un olor particular que compara al del azufre ó al del fósforo. Se cree que este olor es debido á un cuerpo que resulta de la condensación del oxígeno del aire bajo la influencia de la descarga eléctrica, y el cual ha recibido el nombre de *ozono*.

Un rayo puede causar efectos en extremo destruyentes; puede matar hombres y animales, fundir los metales, inflamar las materias combustibles y desmenuzar los cuerpos malos conductores de la electricidad.

Para preservarse de los efectos destructores del rayo, Franklin ideó en 1755 un aparato que todos conocemos: el *pararrayo*.

345. El pararrayo consiste en una barra de hierro terminada en punta y que permite la salida de la electricidad del suelo, contraria á la electricidad de la nube tempestuosa. Es decir, que si cerca de un edificio pasa una nube cargada de electricidad negativa, el pararrayo deja escapar por su punta la electricidad positiva del suelo.

En un pararrayo tenemos que distinguir la varilla y el conductor.

La varilla es una barra de hierro terminada en punta, que se coloca en la parte más elevada del edificio que se trata de defender: generalmente tiene 8 ó 9 metros de altura y debe terminar por una punta de cobre rojo ó de platino, tanto porque estos metales conducen muy bien la electricidad, cuanto porque no se oxidan fácilmente.

El conductor consiste en un haz de alambres de cobre que parte de la extremidad de la varilla, sigue

largo del muro y va á dar á un pozo profundo de cisco de carbón.

El espacio que un pararrayo protege es de un radio igual á la altura de la varilla, de manera que una varilla de 9 metros de altura defiende un círculo de 9 metros de diámetro. Cuando el edificio es muy grande y conviene, bajo todos puntos de vista, prevenirlo de los efectos del meteoro eléctrico que estoy considerando, hay necesidad de poner muchos pararrayos.

Muchas son las causas que contribuyen á la existencia de la electricidad en la atmósfera: el frotamiento de las masas de aire unas con otras, la evaporación de las aguas en la superficie del globo, los fenómenos de la vegetación, etc.