

metálico sobre la resina; la electricidad negativa que durante la frotación se desarrolla en la última, descompone por influencia el fluido natural del metal; la positiva en virtud de la atracción de la resina, se cola en la cara inferior del disco, y la negativa en la superior; si en seguida se levanta el disco, vuelven aquellas á combinarse y las cosas se quedan como estaban antes de empezar la operación; pero si cuando el platillo está sobre la torta, se toca con el dedo el disco de metal, pasa la negativa al través de la persona, al receptáculo común, y al levantar aquel arrastra consigo la positiva, puesto que la resina, aunque electrizada negativamente, no puede combinarse con la positiva del disco á causa de la dificultad con que aquella sustancia conduce la electricidad. Y como por la misma razón conserva mucho tiempo su electricidad sin que haya necesidad de volverle á golpear, resulta que puede repetirse muchas veces el experimento si el aire no está muy húmedo; por esta razón se le ha dado el nombre de *electróforo ó portador de electricidad*<sup>1</sup>.

Algunas veces se coloca la torta de resina en una caja de palastro, y entonces la electricidad de esta última se descompone por la influencia de la electricidad negativa de la resina, que retiene la positiva del metal rechazando la negativa al receptáculo común. Si se coloca encima el disco metálico, y se toca con el dedo, como anteriormente, para que pase al suelo, las electricidades positivas de la

<sup>1</sup> El autor atribuye á Wilcke la invención de este instrumento; Person y Pouillet dicen que fué Volta el inventor; Pécelet le llama Wilh, y Lamé se abstiene de nombrarle. Dice M. Pouillet que este instrumento equivale á una máquina eléctrica, y que la electricidad negativa de la torta de resina no se combina con la positiva, que, por influencia, coloca en la superficie inferior del disco, porque aquella, la de la resina, no puede acumularse en un solo punto en cantidad suficiente para vencer la resistencia del aire. — N. del T.

caja metálica y del disco también metálico, se repelen mutuamente; de manera que si se toca la caja, *que suponemos aislada*, pasa al suelo una porción de la electricidad positiva, y se obtiene entonces el máximo de carga<sup>1</sup>.

M. Pécelet, sin desmenuzar tanto la cuestión presenta un experimento concluyente; he aquí lo que encontramos en la pág. 86 del tomo II del *tratado de Física*.

La electricidad de la resina obra sobre la materia metálica de la caja, en que está contenida, del mismo modo que sobre el platillo del aparato; pero como esa caja comunica con el suelo, se carga solo de electricidad positiva; con la mayor evidencia vamos á probar ese hecho. Si se ponen en comunicación el platillo con la bolita *a* (Fig. 155) y el metal de la torta con la bola *b*, y entre las dos se coloca un pendulito *c*, se verá oscilar avanzando ya hácia una ya hácia otra. La razón es evidente; como la parte superior del

<sup>1</sup> Seguros estamos de que el lector no podrá leer este pasaje sin acusar de inadvertido al autor de la obra. Supone primero que, al descomponerse el fluido natural del palastro por la influencia de la resina, la electricidad negativa pasa al receptáculo común, pues que el aparato ha de estar sobre una mesa, etc., de modo en fin que comunique con el suelo. Todo va bien hasta aquí, pero cuando termina el párrafo, diciendo que si se toca con el dedo... *suponemos aislada*, no hemos podido menos de llamar la atención del lector sobre tan grande inconsecuencia, puesto que hubiera sido preciso, pasada la primera reacción, colocar el aparato sobre un aislador para que todo lo que añade el autor fuera cierto. Si, con esa suposición, quiere dar á entender que el aparato estaba aislado antes de empezar á funcionar, es imposible que la electricidad negativa pase al receptáculo común. En cuanto, dado caso que fuese posible el aislamiento de que habla al concluir su párrafo, al máximo de la electricidad, parécenos justa, aunque no clara, la observación; supónese que la electricidad negativa de la resina, cuya cantidad es invariable durante el experimento, atiende á la vez á la positiva del palastro y á la positiva del platillo; claro es que si la primera desaparece, podrá contrarrestar mayor cantidad de positiva en el platillo, en otros términos la carga de éste podrá ser mayor. — N. del T.



aparato comunica con la bola *a*, y como en esa parte se halla la electricidad negativa, resulta que la bola *a* disfrutará de una parte; recíprocamente como la *b* se halla en comunicacion con la inferior, tomará parte de la positiva. Hallándose la bolita del péndulo en estado natural, debe dirigirse hácia la que tenga mayor tension; en el choque pierde la electricidad de nombre semejante al de la bola atractiz, y quedando electrizadas ambas con el mismo fluido se rechazan mutuamente y el péndulo vuelve á su estado normal; la otra bola origina fenómenos análogos, y de ahí resultan las oscilaciones, las cuales continúan interin la torta conserve alguna electricidad.

Se puede tambien cargar la resina de electricidad positiva, poniendo la torta en comunicacion con el conductor de la máquina eléctrica; y los fenómenos serán semejantes.

« Platillos de 4 á 5 pulgadas de diámetro dan chispas perceptibles en medio del dia, cuando se les aproxima un dedo ó un cuerpo conductor. Estos aparatos conservan su electricidad durante muchos meses, siendo una prueba de la dificultad con que la resina deja escapar la electricidad de que está cargada. » (Péclet.)

169. Empléase el electróforo con frecuencia en los laboratorios de química. Para inflamar, por ejemplo, una mezcla de gases combustibles, como el aire y el hidrógeno, es sumamente cómodo. Colócase la mezcla en una campana *a* (Fig. 154), llamada eudiómetro, que es de vidrio muy espeso y está atravesada desde la parte superior hasta la mitad de su altura, poco mas ó menos, por una varilla metálica de forma espiral, la cual sale al exterior y se termina en una bola; la inferior es asimismo redonda, y á una cierta distancia de ella, una ó dos pulgadas, hay otra bolita sujeta á un vastaguito tambien metálico<sup>1</sup>. Cuan-

<sup>1</sup> El eudiómetro, que el autor no hace mas que mencionar, tiene

do se quiere inflamar la mezcla, se toca la bola exterior con el platillo del electróforo, ya cargado: la electricidad pasa de una á otra de las bolas interiores y la chispa, que entonces se produce, inflama la mezcla.

La *lámpara de eslabon eléctrico* es una aplicacion del electróforo.

Se compone de una vasija de vidrio, llena en parte de ácido sulfúrico diluido en quince partes, proximamente, de agua, y en la que está suspendido, de un hilo de platino, un cilindro P de zinc que al principio se sumerge en el líquido. Despréndese el gas hidrógeno<sup>1</sup> y se le deja salir abriendo la llave R colocada al intento. Primeramente sale el aire que estaba dentro del aparato, pero al cabo de cierto tiempo es todo hidrógeno puro lo que sale. Si á esa época, se cierra la llave, continua el desprendimiento del gas hidrógeno, el cual acumulándose en la parte superior de la vasija inferior, hace subir al líquido por un tubo vertical, que se ve en el aparato, á la vasija superior representada por O. Llega un momento en que el cilindrito P queda á descubierto y entonces cesa el desprendimiento de hidrógeno; mas como se halla comprimido por la columna líquida AB, no hay mas que abrir la llave para tener un chorro continuo de gas. En la parte inferior CD de

otras varias piezas que nosotros no describimos, por no hacernos falta para lo que vamos á decir, y que los lectores, por otra parte, encontrarán en todas las obras de química. — N. del T.

<sup>1</sup> La teoría química de ese desprendimiento es sencillísima; el agua, como es sabido, se compone de dos gases, *oxígeno é hidrógeno*; el metal, el zinc, tiene tendencia á oxidarse, es decir á combinarse con el oxígeno; de ahí resulta que, al descomponerse el agua, queda en libertad parte del hidrógeno, y se desprende en forma de gas; el óxido de zinc, formado por el oxígeno que antes unido al hidrógeno, constituían el agua, y por el zinc se combina despues con el ácido sulfúrico, formando lo que se llama un sulfato de zinc, la caparrosa blanca ó el vitriolo blanco; sustancia que tiene la propiedad de disolverse en el agua. — N. del T.



ese aparato hay un electróforo, dispuesto de modo que al abrir la llave se levanta el platillo y queda aislado; un vástago de metal que comunica con este último lanza sobre una varilla metálica que comunica con el suelo, la chispa eléctrica, y esta, atravesando la mezcla de los gases, la inflama y continua ardiendo interin el hidrógeno se desprende, en cuyo tiempo puede encenderse una vela, una lámpara, etc. En un cierto punto de la torta de resina se coloca una hojita de estaño por donde pasa al suelo la electricidad negativa del platillo.

En el día se construyen lámparas eléctricas de esta especie, de formas elegantes<sup>1</sup>.

MM. Pécelet y Person citan otro experimento muy curioso que se hace con el electróforo; seguiremos al primero (tom. II, pág. 86.).

« Para poner en evidencia la especie de adhesión que existe entre la resina y los dos fluidos eléctricos, se hace el curioso experimento que vamos á referir. Se trazan en la superficie de una torta de resina y con un cuerpo conductor cargado de electricidad, varios caracteres ó figuras; la electricidad queda tan adherida á esas líneas, que si sobre ellas se echan polvos de un cuerpo no conductor y se inclina despues la torta, se advierte que todo el que ha caido sobre las líneas queda adherido y el resto se separa. Todavía es mas sorprendente el fenómeno, trazando las mismas ú otras figuras con dos conductores<sup>2</sup> cargados de diferentes electricidades; he echado con un fuellequito una mezcla de azufre y de minio; el azufre se fija en los

<sup>1</sup> M. Pécelet asegura que los eslabones de esas lámparas, es decir, el mecanismo para inflamar la mezcla, son mas complicados é inciertos que el musgo de platina, de que se habló al tratar de la lámpara de M. Gay-Lussac (véase el art. Lámparas hidrostáticas), y que por esa razón solo se emplean en los gabinetes de física. — N. del T.

<sup>2</sup> M. Person, que llama á este experimento Figuras de Lichtemberg, porque Lichtemberg, fisico alemán, fué el inventor; dice que, al echar

trazos cargados de electricidad positiva, y el minio en los de negativa; por consiguiente los primeros son amarillos y los segundos encarnados. Proviene esa separación de que al triturar el minio y el azufre, el primero adquiere la electricidad positiva y el segundo la negativa. »

#### Condensadores.

170. La botella de Leiden, la batería eléctrica, y el condensador propiamente dicho, son instrumentos en los cuales se acumula la electricidad, y que por consiguiente pueden llamarse condensadores.

« Todos los aparatos en que se acumula la electricidad disimulada se componen esencialmente de dos láminas buenos conductores, separadas por otra que no lo es; llámanse *condensadores*, porque el fluido parece condensarse. Cambian de nombre y de forma, esos aparatos, según los usos á que se los destina. » (Pouillet.)<sup>1</sup>

En 1781 dió Volta á conocer un nuevo instrumento, cuyo oficio es reunir cortas porciones de electricidad. Se compone de un platillo metálico y de un disco cuya facultad de conducir es intermedia entre los perfectos é imperfectos conductores, como el marmol, por ejemplo (V. Fig. 152). Supongamos que el platillo metálico, colocado sobre un disco de esa sustancia, recibe una corta cantidad de electricidad negativa; ya sabemos que esa electricidad descompondrá el fluido natural del disco de marmol y que reteniendo el positivo rechazará el negativo. El marmol á su vez ejercerá su acción sobre la electricidad negativa y neutralizará la fuerza repulsiva; de manera que si el platillo metálico adquiere nueva cantidad de electricidad negativa,

el azufre y el minio sobre la resina, se rozan las partículas unas contra otras, y de eso resulta que se electrizan diferentemente. — N. del T.

<sup>1</sup> Las figuras 150 y 151 son verdaderos condensadores. — N. del T.



se repetirán los mismos fenómenos. De este modo se acumulan pequeñas cantidades de electricidad en el platillo metálico; si, en seguida, se le levanta y se le aproxima un nudillo del dedo produce una chispa. El marmol es bastante buen conductor para que su electricidad natural se descomponga bajo la influencia de la corta cantidad de electricidad que recibe del platillo metálico, pero no lo es tanto para que su electricidad pueda reunirse á la de este último.

Ayudados de este aparato y de concierto con Volta, descubrieron Lavoisier y Laplace que se desarrolla electricidad en las reacciones químicas. (Véase Galvanismo.)

171. Este instrumento tiene muy poca importancia, desde la invencion del electrómetro condensador y del multiplicador. El condensador de que vamos á ocuparnos difiere totalmente del precedente.

Redúcese á dos platillos metálicos semejantes al platillo superior del electróforo, separados entrambos por un cuerpo mal conductor.

En el condensador ordinario (Fig. 456) es de vidrio la lámina de separacion y está siempre perfectamente seca. Para hacer con mayor comodidad los esperimentos se coloca el platillo inferior sobre un pie de vidrio revestido de goma laca, y esta á su vez descansa sobre una peana B bien sólida. Para cargarle, se coloca sobre el platillo inferior la lámina de vidrio LL' y sobre esta el segundo platillo; se ponen en comunicacion entre sí el inferior y el receptáculo comun por medio de varillas ó de cadenas metálicas, y el superior con el conductor de la máquina; y como en este se recoge toda la electricidad se le llama ordinariamente *platillo colector*. Tratemos ahora de fijar nuestras ideas; supongamos que el conductor de la máquina está cargado de electricidad positiva: al principio esa electricidad se esparce sobre el conductor y sobre el platillo colector, y descomponese, por influencia, el fluido natural del inferior, atrayendo el negativo á la superficie que está en contacto

con la lámina de vidrio y rechazando á la opuesta el positivo, que pasa, merced á la cadena, al receptáculo comun. En tal estado la electricidad positiva del conductor atrae á la negativa del platillo inferior que siendo al mismo tiempo atraida por ella, neutralizanse en parte la una á la otra y se rompe el equilibrio entre el colector y el conductor de la máquina. Es visible que sobre cada uno de los platillos se acumula una gran cantidad de electricidad, de manera que si al cabo de cierto tiempo se ponen en comunicacion uno con otro por medio del escitador ó compás eléctrico (véase la nota de la página 259) se precipitan una hácia otra por ser de naturaleza opuesta, y al combinarse se desprende una chispa.

La comunicacion entre el suelo y el platillo inferior es absolutamente indispensable, pues que sin ella la electricidad positiva del disco inferior retendria la electricidad negativa del mismo disco y repeleria la electricidad positiva del disco superior, de lo cual resultaria ó que el condensador no podria cargarse ó que la carga seria insignificante. La esperiencia confirma esta teoria.

Como la electricidad positiva del platillo superior ejerce su accion cierta sobre la electricidad negativa del inferior, es mayor que la de naturaleza contraria que retiene en el platillo inferior; es decir, que si se combinan esas dos electricidades, las dos electricidades diferentes, habrá un exceso de electricidad positiva, como se advierte aproximando sucesivamente un pendulito á cada uno de los platillos, despues de haber efectuado la carga.

La carga del condensador llega á su límite, cuando la tension del platillo colector es igual á la que tendria ese mismo colector si estuviera saturado por su simple comunicacion con la máquina, es decir, si no hiciera parte del condensador. El exceso, en efecto, que corresponde á esa tension, como no es atraido por la electricidad negativa del platillo inferior, se halla completamente libre y se



mantiene sobre el platillo colector en virtud de la presión atmosférica. Cuando la carga llega á su límite, toda la electricidad que se le dé al platillo colector se disipa en el aire. Según esto, el límite de la carga de un condensador es *independiente* de la magnitud de la máquina eléctrica, y es la misma con todas las máquinas *de igual tensión*.

Las caras de la lámina que separa los dos platillos tienen una gran cantidad de electricidad. Para probarlo, se aísla el instrumento después de haberle cargado, es decir, que se destruye la comunicación del platillo inferior con el suelo, y la del platillo superior con el conductor de la máquina. Se levanta en seguida el platillo superior, y se le pone en estado natural; levántase asimismo la lámina de vidrio, y sosteniéndola por el borde se pone también el platillo inferior en estado natural, después de lo cual no hay más que volver cada pieza á su sitio y se observa que el condensador está casi tan cargado como si no se hubiera previamente desarmado. Es pues evidente que una parte de la electricidad *penetra* en el vidrio, pues que reuniendo los platillos se pueden obtener varias descargas sucesivas.

172. Llámase *fuerza condensante* del condensador, á la relación que existe entre la cantidad de electricidad del platillo colector, cuando la carga está en su límite y aquel forma parte del condensador, y la que tendría si estuviera aislado. Representemos por  $V$  la cantidad de electricidad positiva del platillo colector cuando se halla en el límite, y por  $R$  la cantidad de negativa retenida en el platillo inferior por la influencia de  $V$ . Ya hemos dicho que  $V > R$ , es decir que  $V$  es más que suficiente para neutralizar completamente á  $R$ . Luego  $R$  no retiene el todo, sino una parte de  $V$ , y si se toca el platillo colector con un nudillo del dedo deberá necesariamente sacarse una chispa, como puede comprobarse experimentalmente. Llamemos

$V'$  la cantidad de positiva que queda después de ese contacto:  $V - V'$  será con evidencia la cantidad de electricidad que se le ha quitado por el contacto, ó, lo que es lo mismo, la que permaneció sobre el platillo en virtud solamente de la presión atmosférica; mas como al mismo tiempo esa cantidad no es más que la que tomaría el platillo, si no hiciese parte del condensador, resulta, por la definición que  $\frac{V}{V - V'}$  es la medida de la fuerza condensante. En esa expresión es incógnita la cantidad  $V'$ ; para determinarla, supondremos  $\frac{R}{V} = m$  (siendo  $m$  por necesidad una fracción) de cuya ecuación se deduce  $R = mV$ . Pero como la razón entre  $R$  y  $V$  no depende sino de la distancia entre ambos platillos, y esta misma que entre  $R$  y  $V'$ , podrá sin el menor inconveniente escribirse  $\frac{V'}{R} = m$ , de donde  $V' = mR = m^2V$ . Por consiguiente la fuerza condensante tiene

por valor  $\frac{V}{V - m^2V}$ , lo que equivale á  $\frac{1}{1 - m^2}$ .

De aquí se infiere, que para calcular la fuerza condensante, no se necesita más que conocer la relación entre  $R$  y  $V$ . Veamos la manera de determinarla; se cargan los platillos de modo que al separarlos la tensión no sea tan grande que pueda disiparse en el aire. Hecho esto, se averigua, por el método descrito en el párrafo 149 la intensidad eléctrica de dos puntos simétricamente colocados sobre ambos platillos. Sea  $a$  el número de grados de torsión observados para el platillo superior,  $a'$  el número cor-

<sup>1</sup> Así está escrito en el original, y fielmente copiado en la traducción de Madrid; pero por la última expresión es el cociente de la ecuación que antecede por  $V$ , es fácil concebir que debe decir  $\frac{1}{1 + m^2}$ .



respondiente al inferior, y en ese caso  $a' = \frac{R}{V}$ . En efecto,  $\frac{a'}{a}$  representa la razon entre las cantidades de electricidad contenidas en dos porciones iguales, y son por consiguiente, proporcionales á R y á V; porque siendo los dos platillos iguales entre sí y constando por lo tanto de un mismo número de puntos simétricamente colocados, es evidente que las cantidades de electricidad contenidas en dos de esos puntos han de ser proporcionales á las cantidades totales.

175. Puesto que la electricidad positiva del platillo colector es mas que suficiente para neutralizar la electricidad negativa del inferior, infiérese que despues de la descarga debe quedar en el primero una cierta cantidad de electricidad positiva, siempre que el instrumento esté aislado; esta proposicion está conforme con la esperiencia<sup>1</sup>.

174. Hemos visto, hace un momento, que V es mas que suficiente para neutralizar á R, de donde hemos concluido que presentando un nudillo del dedo al colector, debemos sacar una chispa, siempre que el instrumento esté perfectamente aislado; pero despues de desprenderse la

<sup>1</sup> Si L es la cantidad de electricidad libre que se halla en el colector,

$\frac{L}{1-m^2}$  representará la electricidad acumulada sobre ese platillo, y  $\frac{mL}{1-m^2}$  la electricidad negativa que el inferior retiene. Por manera que

$$\frac{L}{1-m^2} - \frac{Lm}{1-m^2} = \frac{L}{1+m^2}$$

será la cantidad de electricidad que se hallará en el instrumento despues de la descarga, y  $\frac{L}{2(1+m^2)}$  la de cada platillo.

chispa, queda en el colector una cantidad de positiva que representaremos por V'; pero entonces R es mayor que V' pues que le neutraliza á distancia; de donde se infiere que V' no retiene sino una parte de R, y la presion del aire retiene lo restante, por consiguiente debe sacarse una chispa del platillo inferior, y otro tanto podrá ejecutarse con el otro repitiendo las mismas operaciones sucesivamente. El condensador, por lo dicho, produce un gran número de chispas, las cuales acaban necesariamente por descargarle.

En estas descargas sucesivas, las cantidades de electricidad que quedan sobre cada uno de los platillos, despues de cada descarga, forman del mismo modo que las cantidades sustraidas, una progresion geométrica descendente, cuya razon es  $m^2$ , lo cual es facil de hallar mediante las consideraciones que preceden. La primera progresion es  $m^2V, m^3V, m^4V, \dots$  y la segunda  $mV(1-m^2), m^3V(1-m^2), \dots$  (T. 2 del *Tratado de Fisica*, en 4 t. de M. Biot).

#### De la botella de Leyden.

175. La botella de Leyden fué inventada por Cuneus y Muschembroeck en 1746. Ese descubrimiento, que metió mucho ruido en Europa, dió grande importancia á la electricidad, y todo el mundo quiso probar la conmocion eléctrica, á pesar de la espantosa relacion que de ella hacian. Todos los físicos repitieron el famoso experimento de Leyden, estudiando las circunstancias de que le acompañaban. Pero sobre todo entre los franceses, ávidos siempre de nuevos descubrimientos, produjo una viva sensacion. El abate Nollet, hizo sentir la conmocion á todo un regimiento en presencia del Rey.

La teoría de la botella de Leyden es absolutamente la misma del condensador.

La forma mas generalmente usada es la de un frasco se-



mejante al que representa la Fig. 157. La parte *cd* de su superficie exterior se cubre con una hoja de estaño. Ciérrase la boca con un tapon por cuyo centro pasa el vástago de metal *ab*, cuya parte superior termina en una bola y la inferior toca á unas hojillas ó panes de oro que hay dentro de la botella.

Para cargarla, se la coje en la mano, por la panza ó parte cubierta de metal, y al mismo tiempo se hace que la bola toque al conductor de la máquina eléctrica, y se la retira cuando el electrómetro marca que la intensidad del interior de la botella y la de la máquina han llegado á su máximo.

Si en tal estado se toca, con un dedo de la otra mano la bola *a*, se experimenta una fuerte conmocion en los dos brazos y con particularidad en las articulaciones. Pueden sentir á la vez la conmocion varias personas, para lo cual basta que se den la mano. La persona que tenga la botella debe estar á uno de los extremos de la fila, y la del extremo opuesto debe tocar el boton *b*. Al hablar del condensador, se dijo que ese instrumento debia comunicar con el suelo; la botella de Leyden se halla en el mismo caso, no cargándola de electricidad, aun cuando se la suspenda á uno de los conductores de la máquina, especialmente si el aire está muy seco.

« Se prueba experimentalmente que en la botella de Leyden del mismo modo que en el condensador, no residen en las armaduras las electricidades disimuladas.

« Esa electricidad permanece adherida al vidrio. Hay una botella de Leyden particular que sirve para esa demostracion. Se compone de tres vasos cilindricos que entran unos dentro de otros; el interior y exterior son de metal y sirven de armaduras, y el intermedio es de vidrio; si despues de haber cargado la botella se la coloca sobre un aislador, y si con un cuerpo aislador se levantan los dos vasos interiores, se advierte que es muy corta la ten-

sion eléctrica de sus armaduras, y que el aparato recobra su carga primitiva cuando todo vuelve á su primera posicion. » (Péclet).

176. Puede aplicarse á la botella de Leyden, lo que dijimos acerca de la penetracion en el artículo del condensador; por eso sucede que algunas personas cojen sin precaucion la botella creyéndola descargada y experimentan una fuerte conmocion.

177. Emplease algunas veces la botella de Leyden para procurarse tal ó cual especie de electricidad. Si se desea, por ejemplo, tener electricidad positiva, se carga la botella del modo indicado, haciendo que el boton toque al cuerpo aislado. Para recoger la negativa se la carga del mismo modo; se la coloca sobre un aislador y se la toca en el boton: el exceso de la electricidad interior pasa á los cuerpos circunvecinos, y entonces queda en la armadura exterior un exceso de electricidad negativa; de manera que si se toca con esa armadura al cuerpo que se quiere electrizar, se cargará infaliblemente de electricidad negativa.

Un físico llamado Mauduyt, ha dispuesto el aparato de manera que la descarga de la botella se verifique á una distancia determinada. Su aparato está representado en la Fig. 158. *ab* es un conductor aislado con respecto al interior de la botella, pero que comunica con el exterior; por medio de un tornillo se le hace avanzar hasta la distancia conveniente.

« Mídese la carga de la botella por la distancia á que es necesario colocar ese conductor para que salga la chispa; pero para que los experimentos fuesen comparables seria necesario que siendo invariable, en magnitud, la bola *b*, tuviesen los botones ó bolas de todas las botellas las mismas dimensiones.



Carga por cascada.

478. Suspéndese una botella, por su bola, al conductor de la máquina eléctrica; á un gancho que esa tiene en el fondo se suspende otra botella y así sucesivamente, según se ve en la (Fig. 159), y por fin del gancho de la última parte una cadena que pone el aparato en comunicación con el suelo. Cuando el botón de la primera toca al conductor de la máquina eléctrica ordinaria, se carga interiormente de electricidad positiva, descompone entonces la electricidad natural de la armadura exterior, atrae la negativa y repele al interior de la segunda la electricidad positiva, y entre la segunda y tercera pasará otro tanto; quiere decir que todas las armaduras exteriores estarán cargadas negativamente: cuando se establece comunicación entre la armadura de la última y el interior de la primera, se descargan todas á un tiempo, y es evidente que la conmoción no es tan fuerte como con una sola botella.

Se aumenta considerablemente la conmoción, colocando las botellas sobre una lámina que es buen conductor, y reuniendo con una cadena las armaduras interiores que como se ha dicho, están cargadas positivamente.

El efecto, sería aun mayor reuniendo de ese modo las botellas antes de cargarlas, que cargando por cascada el mismo número de botellas para reunir las en seguida, pues que en la carga por cascada va disminuyendo desde la primera á la última, la cantidad de electricidad. La relación de esas dos cantidades se halla por medio de un cálculo sumamente sencillo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Supongamos que se desea saber esa relación para 4 botellas. Sea V la cantidad de electricidad que hay en la armadura interior de las botellas; 4V, por consiguiente, será la cantidad de electricidad de las

De las baterías eléctricas.

479. Partiendo de que la potencia de una botella de Leyden es tanto mas considerable cuanto mayor es su superficie, se han inventado unos aparatos compuestos de la reunión de esas botellas, y que se llaman baterías eléctricas. Generalmente se las coloca en una caja de madera forrada interiormente de estaño (Fig. 140), de manera que

4 armaduras, cuando las botellas estén sobre un mismo plano, como lo están en una batería; pero en la disposición por cascada, es mucho menor la carga; en efecto, V, la cantidad de electricidad positiva de la armadura interior de la primera botella, atrae á su armadura exterior una cantidad de electricidad negativa R, y por consiguiente repele á la segunda botella una cantidad igual V' de electricidad positiva. De manera que  $V=R$ .

Por lo mismo, la cantidad de electricidad que se halla en la armadura interior, puede representarse por  $V''=R'$  (siendo R' la cantidad de electricidad negativa que permanece en la armadura exterior de la segunda botella, en virtud de la influencia de V').

La cantidad de electricidad contenida en la armadura interior de la cuarta botella, es  $V'''=R''$  (siendo R'' la cantidad de electricidad negativa que permanece en la armadura de la tercera botella, en virtud de la influencia de V''). Pero como la distancia que separa una de otra á las dos armaduras, es la misma, pues que las botellas son perfectamente semejantes, se tiene  $\frac{R}{V}=m$ ; de donde  $R=Vm$ ; y por consiguiente  $V'=Vm$ ,

$\frac{R'}{V'}=m$ .....  $R'=Vm=Vm^2$  y  $V''=Vm^2$ ,  $\frac{R''}{V''}=m$ .....  $R''=V''m=Vm^3$  y  $V'''=Vm^3$ . La suma es pues  $V+Vm+Vm^2+Vm^3$ ; por consiguiente

la relación buscada es  $\frac{V+Vm+Vm^2+Vm^3}{4V} = \frac{(1+m^2)(1+m)}{4}$ .

De donde se infiere que cuanto mas se acerque m de la unidad, tanta mas igualdad habrá entre las cargas.



las superficies exteriores comunican todas entre sí, y las bolas á su vez estan reunidas entre sí por medio de varios vástagos metálicos. Cuando se quiere cargar una batería se ponen en comunicacion, los botones, con el conductor de la máquina eléctrica, y las superficies exteriores con el receptáculo comun. Por medio del electrómetro de cuadrante (Fig. 113) colocado sobre el conductor se reconoce cuando llega la carga á su límite. El péndulo sube lentamente, porque la electricidad de la máquina se neutraliza en parte al llegar al interior; cuando deja de subir es prueba de que la carga ha llegado á su límite.

Es muy importante procurarse un regulador que indique el estado de la batería, porque la electricidad positiva de la parte interior puede adquirir, cuando la carga llegue á cierto punto, una fuerza repulsiva suficiente para que sus efectos se hagan sensibles en la armadura exterior, y como el choque, en tal caso, tendria lugar sobre un solo punto, podria muy bien romperse uno de los frascos.

Es muy espuesto descargar con la mano una batería, aunque no consiste mas que de seis botellas de medianas dimensiones. Algunas personas imprudentes han tenido que arrepentirse de haber experimentado la conmocion de una batería.

Efectos mecánicos de la electricidad.

180. La descarga de una batería un poco considerable puede fundir y volatilizar los metales, romper cilindros de madera y de vidrio, é inflamar la pólvora. Puede tambien causar muerte á algunos animales, si la descarga llega á pasar por su cuerpo.

Basta una chispa de la máquina eléctrica para hacer una porcion de experimentos. Si esa chispa viene á chocar con una cuchara llena de éter ó de alcohol, ambos líqui-

dos se inflaman súbitamente. Una mezcla de oxigeno é hidrógeno se inflama en iguales circunstancias.

Si se descarga una batería poderosa al través de un alambre de hierro, se pone incandescente, quema y se dispersa en una infinidad de globulillos de óxido de hierro. El oro y la plata, sometidos á la misma prueba, se volatilizan instantáneamente.

M. Fusinieri pretende que la chispa eléctrica trasporta las partículas del cuerpo de donde emana. En el centro de la chispa parece que se hallan solamente las partículas fundidas, al rededor estan únicamente en estado de pastosidad y arden, si son combustibles, á causa de su contacto con el aire. Una chispa que partiendo de un conductor de oro atraviesa una chapa de plata, deja en esta última una mancha amarilla, y segun el mismo físico, el rayo trasporta partículas de hierro y de azufre. Si esa asercion tiene algun fundamento, deben existir en el aire esas partículas. Cuando la chispa eléctrica atraviesa el aire, determina la combinacion de sus dos elementos formándose entonces el ácido nítrico (Cawendish). Se favorece la formacion del ácido con una cierta cantidad de potasa caústica; se ejecuta el experimento en un sifon, cuyos brazos deben sumergirse en vasos llenos en parte de mercurio (Fig. 141).

Las descargas eléctricas favorecen tambien las descomposiciones. Si en un tubo de vidrio se coloca una cierta cantidad de óxido de estaño y en seguida se hace pasar una corriente eléctrica, se advierten sobre el vidrio las manchas del metal. Wollaston descomponia el agua haciendo pasar al través de ese líquido una serie de chispas eléctricas. El medio ingenioso de que se sirvió, fué introducir, en tubos de vidrio capilares, unos alambritos de platina ó de oro, fundir esos tubos y adelgazar los alambres cuanto se pudo. El efecto es tanto mayor quanto



mas tenues son los alambres. Pueden variarse al infinito esos experimentos.

Observó tambien el físico citado que un papel de tornasol colocado entre dos alambres que servian para descargar una botella de Leyden, se enrojecia junto al hilo positivo, y volvía á tomar su color primitivo cuando se le aproximaba al alambre negativo. Puso luego una disolución de cobre en vez del papel de tornasol; el alambre se cubrió instantáneamente de cobre, y el metal desapareció al cambiar la corriente eléctrica (*Phys. Trans.* 94). Véase la *Pila*.

Añadiremos á lo que lleva dicho el autor, algunos otros experimentos muy curiosos <sup>1</sup>.

« Con una carta se ejecuta el experimento siguiente : se ponen en comunicacion con las partes interior y exterior de una botella, dos puntas semejantes á las que representa la Fig. 142. Se hace partir la chispa y la carta queda con un agujero algo mayor que el de un alfiler : por ambos costados se advierten barbas ó filamentos desprendidos, como si la chispa, partiendo del centro de la carta, hubiera salido por ambos lados. M. Oersted explica este y otros hechos análogos, suponiendo que la electricidad no experimenta movimientos de traslación cuando atraviesa los cuerpos, sino que ese movimiento es únicamente de vibración, y que en consecuencia se verifican una porción de descomposiciones y recomposiciones al rededor de las moléculas ; así, el fluido vítreo que se presenta en *a* descompone los fluidos naturales de las moléculas que encuentra, atrae el resinoso con el cual se combina produciendo una chispa, repele el vítreo que á su vez va á descomponer los fluidos naturales de las moléculas siguientes atrayendo al resinoso para combinarse con él,

<sup>1</sup> Véase la pág. 435 y siguientes del tomo I de los *Elementos de Física experimental y de Meteorología*, por M. Pouillet.

tambien con producción de chispa y repeliendo el vítreo, y así sucesivamente; de manera que se producen tantas chispas como moléculas hay de materia ponderable. Puede hacerse palpable esa suposición, metiendo cuentas de metal en una hebra de seda procurando que estén separadas unas de otras y haciendo pasar en seguida la descarga.

« Volveremos á insistir en esta importante teoría, que confirma, segun parece, todos los hechos de la electricidad química.

« El agujero en la carta no está generalmente á igual distancia de las dos puntas; pero en una atmósfera ordinaria está cerca de la punta resinosa, y en una atmósfera enrarecida por medio de la máquina neumática se halla mas cerca de la punta vítrea. Este hecho, comprobado por M. Tremery, ha quedado sin la competente esplicación.

« Para agujerear el vidrio con la descarga eléctrica se cambia la disposición del aparato precedente, porque es necesario poner una gota de un líquido conductor, aceite puro, por ejemplo, en una de las puntas para que toque una parte algo considerable del vidrio. (Véase la Fig. 145.)

Cuando el espesor de las botellas de una batería y la tensión de la máquina son invariables, puede valuarse la fuerza de una batería por la extensión de la superficie que queda cargada ; cien pies cuadrados condensan una cantidad de electricidad cien veces mayor que un solo pie cuadrado, y es necesario que sea muy robusto el hombre que pueda resistir la descarga de un pie cuadrado cargado con una máquina ordinaria.

« Así que, con esa se producen fenómenos muy notables, á causa de la gran cantidad de electricidad que se acumula en esos aparatos

« Todos los cuerpos destinados á recibir el choque, se colocan entre los dos brazos *b* y *b'* del escitador univer-