



DE LA ELECTRICIDAD.

451. Este hermoso ramo de la física debe la mayor parte de sus progresos á los descubrimientos modernos. Limitáronse, durante muchos siglos, los conocimientos de los hombres en este asunto, á la propiedad que tiene el ambar de atraer, por frotacion, los cuerpos ligeros.

Nociones preliminares.

452. 1º Un tubo de vidrio, un trozo de ambar ó una barra de lacre frotados con un pedazo de lana ó una piel de gato, atraen hácia sí los cuerpos ligeros.

Llámase *electricidad* á la causa de esa propiedad, porque los fenómenos de ese género se observaron por primera vez en el ambar, que, en griego, se llama *vidextron*; hecho que conoció Thales de Mileto, 600 años antes de la era cristiana.

Si se aproxima á la mejilla una barra de vidrio frotada, como hemos dicho, se experimenta una sensacion análoga á la que produciria una tela de araña.

Y si se acerca el dedo ó una bola de metal se oye el estallido de una chispa luminosa, y una luz azulada que serpentea sobre el tubo, cuando el parage está oscuro.

2º Pertenece esta propiedad á todos los cuerpos, simples ó compuestos, sólidos, líquidos y aeriformes. Cuando se agita un poco de mercurio en un vaso de vidrio, este último se electriza. Es mas curioso el experimento, ejecutado del modo siguiente; se llena de mercurio una cap-

sula de madera; colocándola en la parte superior de un tubo ancho de vidrio, se hace el vacío en el interior de este último, y atravesando, el mercurio, el fondo del vaso en virtud de la presion atmosférica, cae á lo largo del tubo en forma de lluvia y le electriza, de modo que aproximándole cuerpos ligeros los atrae hácia sí.

Infiérese de aquí la esplicacion de un fenómeno que se observa en los barómetros bien purgados de aire, á saber: cuando se inclinan sus tubos, para que el mercurio los llene repentinamente, se nota, si la habitacion está á oscuras, una luz fosforescente semejante, en un todo, á lo que produce la elasticidad en el vacío. Atribúyese ese fenómeno á la condensacion del vapor mercurial, por ser un hecho reconocido que cuando la temperatura es 0º ó inferior, no hay el menor destello de luz.

Un cuerpo sólido se electriza sensiblemente por el rozamiento de un gas; es decir, que un vidrio se electriza cuando el chorro de aire de un fuelle, por ejemplo, le hiere directamente. Es sumamente difícil probar que dos gases, rozándose, desarrollan electricidad, pero no hay dificultad en concebirlo por analogia, y tal vez es factible que una parte de la electricidad de la atmósfera provenga del rozamiento del aire contra sí mismo y contra las nubes.

3º Se propaga la accion eléctrica á distancia y al traves de todas las sustancias. Así, una bolita de médula de sauco suspendida de una seda debajo de una campana de vidrio, es atraida por una barra de lacre electrizada, colocada de la parte de afuera.

4º Es un hecho que la electricidad se propaga al traves de todos los cuerpos, pero hay sustancias mas á propósito que otras, para conducir las, como se acostumbra á decir; los unos, como los metales, el agua y todos los líquidos en general (á escepcion de los aceites), y el carbon calcinado son buenos conductores; las resinas y sobre todo la

mag
mag

que lleva el nombre de goma laca, el lacre, la seda, el azufre, las piedras, el vidrio, los oxidos y el aire y los otros gases semejantes, son malos conductores. Debemos á Grey y á Weeler la distincion de cuerpos buenos y malos conductores, que publicaron en 1729 (*Historia de la Electricidad*, tomo I, pág. 56) antes de cuya época no pudo la electricidad figurar entre las ciencias.

Para probar la diferencia que existe entre los cuerpos conductores y no conductores, tómense dos bolitas iguales de médula de sauco y suspendáseles una de un hilo de vidrio ó de seda sugeto á un tubo ó barra de vidrio, y la otra á un alambre de metal enganchado en una barra de lo mismo; electrízense entrambas por medio de una barra de vidrio electrizado, y se advertirá que la que cuelga del alambre pierde instantáneamente su electricidad, al paso que la otra la conserva perfectamente; consiste la diferencia en el modo de comunicar con la tierra, porque en la del metal la electricidad halla facil pasaje y se disipa instantáneamente, y en la otra tropieza con un cuerpo poco conductor que la impide el paso; los efectos son semejantes cuando en vez de la seda se emplea uno de resina, de azufre, etc. Lo que prueba que esas sustancias no sirven para transmitir la electricidad. Mójense con agua todos los hilos y desaparecerá instantáneamente la electricidad, porque ese líquido es muy buen conductor.

Pueden ejecutarse otra porcion de esperimentos que sirven para entablar la misma distincion. Si se toca el conductor de una máquina eléctrica con una barra de vidrio ó de resina, apenas se disminuye la tension de su electricidad, pero si en vez de esa barra se emplea otra de metal, la máquina se descarga repentinamente.

Se dice que un cuerpo está *aislado* cuando está apoyado, sostenido ó colocado sobre un mal conductor, seda, lacre, vidrio, etc. Llámase *taburete* eléctrico, á una tabla soste-

nida con cuatro pies de vidrio y sirve para aislar á las personas que se quieren electrizar. Es indispensable aislar los cuerpos en una porcion de circunstancias. Si se trata de saber, por ejemplo, si los metales se electrizan por fröcion, es necesario aislarlos con un mango de vidrio; y si en ese estado se los frota con un pedazo de lana ó con una piel de gato se electrizan como los cuerpos malos conductores; si se los tuviera simplemente en la mano, se disiparia la electricidad, porque el cuerpo humano es buen conductor.

El aire atmosférico es mal conductor, pero se hace bueno cuando está muy húmedo; por esa razon, es muy difícil hacer esperimentos eléctricos cuando el tiempo está en ese estado, porque se disipa la electricidad á medida que se produce, siendo un hecho comprobado que los esperimentos salen muy bien durante los frios secos, en que hay muy poco vapor en el aire.

Preciso es decir que el mayor obstáculo para hacer esperimentos cuando el tiempo es húmedo, consiste en que el aire, hallándose próximo de su punto de saturación, depósita el vapor sobre todos los cuerpos.

5° La electricidad no altera las dimensiones de los cuerpos; efectivamente, cuando se sumerge un termómetro en una vasija llena de agua, y se electriza, por medio de la máquina, el líquido y la vasija, no se advierte la menor variación en aquel instrumento (Abate Nollet).

Este esperimento es concluyente, á no ser que todos los cuerpos esperimenten la misma alteracion de parte de la electricidad.

6° Parece ser inmensa la velocidad de la electricidad, pues segun C. Wheastone, es de 444000 leguas por segundo. (Institut. 1854.)

7° El aire, como hemos dicho, es mal conductor, y por su presion mantiene la electricidad en la superficie de los cuerpos, pues que si se coloca debajo del recipiente de la

máquina pneumática un cuerpo conductor, y aislado sobre soportes, de resina ó de vidrio, pierde, antes de que el vacío esté completo toda la electricidad con que estaba cargado. Si se hace el mismo experimento con un cuerpo mal conductor, como una barra de lacre electrizada por frotacion, se disipa tambien la electricidad aunque con mayor lentitud, siendo necesario bastante tiempo para que la pierda completamente.

Hecho que prueba que la electricidad permanece en la superficie de los cuerpos no conductores, por efecto de la presión del aire juntamente con la dificultad que experimenta para separarse de sus partículas.

8º La tierra por la que circula y se pierde la electricidad lleva el nombre de receptáculo comun.

9º Para facilitar el desarrollo de la electricidad por frotacion es necesario secar previamente los cuerpos que se van á experimentar, y calentar la habitacion en que han de hacerse las observaciones, para que el aire no pueda depositar vapor sobre los cuerpos.

152. Volvamos á los primeros experimentos, y examinemos con mas atencion las propiedades de los cuerpos electrizados.

Atanse para esto dos bolitas de sauco á dos alambres metálicos, suspendiéndolas de una barra de lacre (Fig. 105) y frotándolas con una tela de lana, las dos bolas se separan, repeliéndose mutuamente, á una cierta distancia. Si se hace el experimento con una barra de lacre y una bola y se aproxima esta última á las dos primeras, habrá tambien repulsion.

Repetiendo esos dos experimentos, con la sola diferencia de reemplazar la barra de resina con una de vidrio, se repelen tambien las bolas.

Si ahora se aproximan las bolas, electrizadas con el vidrio, á las de la resina, se atraen mutuamente. Continuando esos ensayos se advertirá:

1º Que dos cuerpos *cargados de la misma especie de electricidad se repelen*;

2º Que dos cuerpos *cargados de electricidades de diferente naturaleza se atraen mutuamente.*

Resulta ademas, de otros varios experimentos, que entre todos los cuerpos, unos dan la misma electricidad que el vidrio frotado con una tela de lana ó de seda, como los oxidos, las piedras, etc., y á esa electricidad se le ha dado el nombre de *vitrea*; y que otros, como los cuerpos inflamables, el ambar, la seda, etc., dan la misma electricidad que la resina frotada con una piel de gato, llamándola por esto electricidad *resinosa*¹. Dufay, miembro de la Academia de ciencias de París, descubrió otra propiedad por los años de 1773 y 1774.

153. La tela de lana, la piel de gato, y todas las materias que se emplean para frotar un cuerpo sólido, se cargan de electricidad negativa si adquieren electricidad positiva y vice versa; y para cerciorarse no hay mas que presentar á un péndulo eléctrico la tela que ha servido para electrizar la resina y atraerá las bolitas de sauco cargadas de electricidad negativa repeliendo las cargadas de electricidad positiva.

154. Estudiando la naturaleza de la electricidad desarrollada por la frotacion de una porcion de sustancias, se advierte que no hay nada de absoluto y que depende de la naturaleza del cuerpo frotante y de la del frotado. La seda, por ejemplo, frotada con vidrio pulimentado, adquiere electricidad positiva, y frotada con resina la toma nega-

¹ Como el vidrio no toma siempre la electricidad *vitrea*, y la resina la *resinosa*, y que las dos reuniéndose se destruyen recíprocamente sus propiedades, se ha convenido generalmente en reemplazar las expresiones de electricidad vitrea y resinosa con los términos *positiva* y *negativa*, dándoles el mismo valor que se da en geometría á las ordenadas positivas ó negativas.

tiva; una barra de vidrio frotada con una tela de lana se electriza positivamente y con una piel de gato negativamente¹.

Los cuerpos incluidos en la tabla siguiente se electrizan positivamente cuando se les frota con uno de los que le siguen, y negativamente con uno de los que les preceden.

Piel de gato.	Papel.
Vidrio pulimentado.	Seda.
Tela de lana.	Goma laca.
Plumas.	Vidrio sin pulimento.
Maderas.	

Se ha intentado por varios medios hallar las circunstancias bajo las cuales cada uno de los cuerpos citados adquiere una especie particular de electricidad; pero todos los ensayos han sido infructuosos.

Y ya que hemos hablado de la produccion de la electricidad, citaremos un experimento muy curioso, que con frecuencia se repite en los gabinetes de fisica. Se colocan dos personas, cada una sobre un taburete, y una de ellas sacude á la otra con una piel de gato bien seca. La primera se carga de electricidad positiva, y la segunda de negativa; ambas ó dos darán chispas cuando se les aproxima-

¹ No depende únicamente de su naturaleza, sino de otras circunstancias, que los cuerpos adquieran tal ó cual electricidad. Dos discos de vidrio frotados uno contra otro adquieren recíprocamente diferentes electricidades. El mas liso toma la positiva, y el mas áspero la negativa. Dos pedazos de una misma cinta de seda ó galon, se cargan de electricidades diferentes, cuando se frota uno de ellos al traves del otro, el frotado transversalmente adquiere electricidad negativa. Cuando sobre una placa de metal se hacen resbalar polvos de la misma sustancia, se electrizan los últimos negativamente. Cuando uno contra otro se frotan dos cuerpos de la misma naturaleza, pero cuyas superficies están en diferente estado, no hay mas que calentar uno mas que otro, y entonces el mas caliente se electriza negativamente.—N. del T.

men cuerpos conductores que comuniquen con el suelo; y se hallarán rodeadas de una atmósfera luminosa, si la habitacion está oscura. Las dos atraerán un péndulo que esté en el estado natural, y un instrumento de la misma especie cargado positivamente, será atraído por la primera y repelido por la segunda.

455. No solo por frotacion, sino de otros varios modos puede desarrollarse la electricidad, aunque aquel es el mas comun y el primero que se ha conocido. De ciertos experimentos de M. Péclel, resulta que la tension ó la fuerza de la electricidad, que se produce por rozamiento, es independiente de la velocidad de presion, del espesor de los cuerpos que se frotan, de la estension de las superficies en contacto y del modo de verificar el rozamiento.

En lo sucesivo veremos que la *compresion*, el *cambio de temperatura*, las *combinaciones químicas*, etc., son manantiales de electricidad.

Por ejemplo, una barra de azufre se le electriza cuando se la sumerge en mercurio (M. Dessaigues). Tal vez la luz que despiden los grandes témpanos de los mares polares, cuando se chocan, es efecto de la electricidad.

456. Cualquiera que sea el medio que se emplee, siempre se produce una de las dos electricidades positiva ó negativa. Necesario es confesar que no es siempre facil demostrar su presencia, por cuya razon esperaremos á tener instrumentos bastante delicados, para estudiar con provecho tales circunstancias.

Hipótesis teóricas.

«Atribúyense generalmente los fenómenos eléctricos á

¹ *Curso de Física de la Escuela Politécnica*, por M. Lamé, t. I, p. 40.—N. del T.

dos fluidos imponderables que rechazan sus propias moléculas y se atraen mutuamente. Está admitido que todos los cuerpos de la naturaleza tienen esos fluidos ó esas dos electricidades en estado de combinacion. Esta combinacion de las dos electricidades se llama *electricidad natural ó fluido neutro*, y su valor es en cierto modo cero ó nulo con relacion á los fenómenos de atraccion ó repulsion eléctricas. Segun ese principio, cuando dos cuerpos se frotan, el fluido se reparte desigualmente. Se ha tratado, hasta ahora en vano, de averiguar la causa de esa reparticion; parece, sin embargo, muy probable que depende de la diferencia de capacidad y facultad de conducir el calor de los dos cuerpos frotados.

« Puede probarse con un experimento directo, que las cantidades de los dos fluidos, combinados en la electricidad natural, y que al mismo tiempo se manifiestan cuando se frotan dos cuerpos *aislados*, son en realidad las mismas. Efectivamente, interin subsiste el contacto de los dos cuerpos frotados, no se observa ningun signo de electricidad, pero si se separan los cuerpos uno de otro, los dos fluidos libres que resultan de la desigual reparticion que ocasiona la frotacion, producen los efectos de costumbre. Las dos cantidades de electricidades diferentes, que desarrollan la frotacion, descomponiendo el fluido neutro, son pues iguales, por que producen efectos contrarios que se destruyen, cuando obran sobre los cuerpos exteriores á distancias iguales.

« Sostienen todavía algunos fisicos las ideas de Franklin, y admiten un solo fluido eléctrico, que se rechaza ó repele á sí mismo, y atrae la materia ponderable. En esa hipótesi debe contener cada cuerpo una cierta cantidad de fluido, que depende de su masa y de su naturaleza, para que haya equilibrio eléctrico entre ese cuerpo y los que le rodean. Varias causas accidentales y entre otras la frotacion, pueden aumentar ó disminuir esa cantidad que es

necesaria para el equilibrio, y el cuerpo entonces se electriza positiva ó negativamente. Pero la atraccion ó repulsion que se observa entre dos cuerpos electrizados de diferente ó de la misma manera, es un fenómeno mas compuesto y de mas complicada esplicacion en la teoría de un solo fluido que en la de las dos electricidades. (Lamé.)

De las leyes que siguen las acciones eléctricas.

157. La electricidad, segun hemos visto, se ejerce á distancias apreciables. Durante mucho tiempo se ha admitido, aunque sin demostracion, que las acciones eléctricas siguen la misma ley que las planetarias, es decir, que su intension decrece como el cuadrado de las distancias.

Coulomb, físico francés, ha demostrado experimentalmente la ley de las acciones eléctricas, por medio de la *balanza de torsion*, instrumento con que ha enriquecido la ciencia.

Fúndase ese aparato en la propiedad que tienen los alambres metálicos de desplegar una fuerza de reaccion igual al ángulo de torsion (74. tomo I).

Es tal su sensibilidad, que se pueden medir con él fuerzas que no escedan al peso de una diez milésima de grama.

158. Compónese (Fig. 406_a) de un cilindro de vidrio AB de 12 pulgadas de diámetro, y 18 de altura, cubierto con un disco de vidrio de 15 pulgadas de diámetro, y en cuya superficie se advierten dos agujeros; en el uno, *f*, se asegura un tubo de vidrio de 20 líneas de diámetro y 24 pulgadas de altura. En cuya parte superior hay un micrómetro de torsion. Compónese á su vez el micrómetro de un tubo de cobre que entra ludiendo en el de vidrio; de una placa agujereada en el medio, por donde pasa un vés-

taguito del que pende una aguja *on* que á su tiempo gira con dicho vástago. El borde de la chapa está dividido en 560 partes, y la forma del vástago es parecida á la de un lapicero que se aprieta ó afloja por medio de un anillo. Los brazos ó chapitas de esa especie de lapicero hacen el oficio de unas pinzas y agarran el extremo de un alambrito de plata sujetándose el otro extremo en las pinzas de un cilindro de cobre *pr*, que está abultado y agujereado en *C* (Fig. 407) para recibir la aguja *ag*. El peso de ese cilindro es tal que mantiene estirado el alambre sin romperle, y la aguja *ag*, suspendida en el centro de la vasija está compuesta ó de una seda cubierta de lacre, ó de una paja también revestida de lacre, siendo de goma laca la parte *ag*. En el extremo *a* hay una bolita de sauco de dos ó tres líneas de diámetro, y en *g* una hojita de papel mojado en trementina que sirve de contrapeso á la bolita *a*, disminuyendo la velocidad de las oscilaciones.

En la tapadera *AC* hay otro agujero *W*, por el que se introduce un cilindro *Wt*, terminado en un hilito de goma laca al que está sujeto una bolita de sauco. Al rededor de la vasija y á la altura de la aguja se traza un círculo *Kz* dividido en 560 partes, correspondiendo el agujero *W*, con corta diferencia, al cero de esa division.

Cuando se quiere hacer uso del instrumento se coloca la aguja *nm* del micrómetro superior sobre el cero de la division, haciendo girar, en seguida, todo el micrómetro en el tubo vertical, hasta que la aguja *ag* corresponda con la primera division del círculo *Kz*. Electrízase despues un conductor pequeño que en resumidas cuentas no es mas que un alfiler de gran cabeza (Fig. 408) que se aísla sumergiéndole en un poco de lacre; se le introduce en la vasija por el agujero *W*, haciendo que la bola *t* toque á la bola *a*; se retira ese conductor y hallándose las dos bolas cargadas de la misma electricidad se repelen mutuamente á una distancia que puede medirse. Se hace girar el mi-

crómetro superior de manera que se tuerza el hilo de suspension y que se aproximen de consiguiente las bolas, y de este modo se observan las distancias correspondientes de las bolas *a* y *t* á los diferentes ángulos de torsion; determinándose la ley de la repulsion por la comparacion de las fuerzas de torsion con las distancias de entrambas bolas.

159. *Experimentos.* La distancia de repulsion de las bolas *a* y *t* ha sido 56, hallándose en el cero el índice del micrómetro superior.

La torsion del alambre por la parte superior fué de 126 grados, aproximándose y deteniéndose las bolas á 18 grados de distancia.

De manera, que á 56° de distancia, la reaccion eléctrica hace equilibrio á 56° de torsion; á 18° de distancia la misma reaccion equilibra á

$$126^\circ \div 18^\circ = -144^\circ.$$

Por manera que las intensiones eléctricas decrecen como el cuadrado de las distancias.

Deben hacerse los experimentos en tiempos muy secos para disminuir, en lo posible, la pérdida de electricidad que ocasionan el aire y los apoyos; pérdida que es necesario saber apreciar para hacer las correcciones competentes.

El dia en que se hicieron los experimentos, de que acabamos de hablar, fué casi insensible la pérdida por la sequedad del aire y la excelente calidad de los apoyos ó soportes: para que el estado de sequedad del aparato sea constante deben colocarse algunos bocales llenos de cal.

La distancia de las dos bolas, cuando se separan una de otra por su accion repulsiva recíproca, no se mide precisamente por el ángulo que forman, sino por la cuerda del arco que reúne sus centros. Por otra parte, la accion

repulsiva de la bola fija sobre la movible es tanto mas oblicua cuanto mayor es la distancia ; pero la construccion de la máquina tiene la ventaja de que ambas causas obran en sentido inverso, siendo tanta mas exacta la compensacion, cuanto mas pequeña es la distancia. (*Memorias de la Academia de ciencias de Paris*, 1785, pág. 569.)

Comprobacion. Admitamos la ley precedente. La fuerza con que las dos bolas se atraen ó repelen, es recíprocamente proporcional al cuadrado de la distancia entre sus centros ¹.

¹ Llamemos F á la intension de esa fuerza á la unidad de distancia de las dos bolas ; á la distancia D , se convierte en $\frac{F}{D^2}$, obrando en la direccion de la cuerda ab , que une las dos bolas (Fig. 409).

Mas como esa fuerza $\frac{F}{D^2}$ obra en direccion oblicua á cb , se la puede descomponer en otras dos, una perpendicular á cb , y otra en direccion de cb . Destruyese la última por la resistencia del punto c , y solo queda la primera que, equilibrando por sí sola á la fuerza de torsion, se representa por $\frac{F}{D^2} \cos. \angle abl$, segun la regla del paralelogramo de las fuerzas.

Los ángulos abl y $hcb = acb$ son iguales por ser sus lados perpendiculares, y, designando el último por C , podrá representarse la fuerza necesaria para que las bolas se rechazen por $\frac{F}{D^2} \cos. \frac{1}{2} C$.

Tambien se puede representar la distancia D en funcion del arco a . Efectivamente, la perpendicular ch , tirada desde el centro c á la cuerda ab , la divide en dos partes iguales ah y hb , y designando por r el radio cb , tendremos $D = 2r \operatorname{sen.} \frac{1}{2} C$; y poniendo en vez de D , este último valor se convertirá la fuerza de torsion en $\frac{F \cos. \frac{1}{2} C}{4r^2 \operatorname{sen.} \frac{1}{2} C}$.

Sea B el número total de grados de torsion del alambre en el caso de equilibrio ; sabemos que la fuerza de torsion es proporcional á ese arco,

El cálculo de la nota adjunta, esfundado en esa ley, y datos positivos de estática, da la ecuacion

$$\frac{F}{4r^2 m} = B \operatorname{sen.} \frac{1}{2} C \operatorname{tang.} \frac{1}{2} C,$$

y como en ella son numéricas las cantidades del primer miembro, se infiere que las del segundo deben ser constantes en todos los esperimentos, si la ley es verdadera : efectivamente en la tabla que á continuacion insertamos, se advierte que cualquiera que sea el ángulo que la aguja haya formado, su espresion conserva siempre el valor 5,6.

	C	B	$B \operatorname{sen.} \frac{1}{2} C \operatorname{tang.} \frac{1}{2} C$.
Primer esperimento.	56	56	5,614
Segundo esperimento.	48	144	5,568
Tercer esperimento.	$8 \frac{1}{2}$	$575 \frac{1}{2}$	5,469
El mismo suponiendo.	9	576	5,557

Los dos primeros resultados están perfectamente acor-

y que puede representarse por mB , siendo m un coeficiente particular del alambre empleado, ó la fuerza correspondiente á un grado de torsion, y como suponemos que hay equilibrio, serán iguales esas dos fuerzas, y tendremos

$$\frac{F \cos. \frac{1}{2} C}{4r^2 \operatorname{sen.} \frac{1}{2} C} = mB,$$

De donde $\frac{F}{4r^2 m} = B \frac{\operatorname{sen.} \frac{1}{2} C}{\cos. \frac{1}{2} C}$, ó bien, substituyendo $\frac{\operatorname{sen.} \frac{1}{2} C}{\cos. \frac{1}{2} C}$ por su valor $\operatorname{tang.} \frac{1}{2} C$, tendremos $\frac{F}{4r^2 m} = B \operatorname{sen.} \frac{1}{2} C \operatorname{tang.} \frac{1}{2} C$. (A)

des, y el desvio que en el tercero se advierte, depende de un error de $\frac{1}{2}$ grado en la observacion del arco. Tambien depende en parte ese error de la pérdida de electricidad, durante el esperimento, y de los nuevos fenómenos que se desarrollan á tan corta distancia. (Véase mas adelante los artículos *Pérdida é Influencia*.) Hagamos sin embargo abstraccion, considerando la ley, que hemos hallado para la balanza de torsion, como un hecho perfectamente comprobado.

Por medio de esperimentos análogos, á los que nos acaban de ocupar, se ha logrado probar que las atracciones eléctricas siguen la misma ley que las repulsiones.

140. Coulomb ha demostrado la ley de las atracciones eléctricas de otro modo, que aunque no tan directo, es mas facil que el anterior.

Consiste ese método en suspender una aguja, electrizada por uno de sus extremos, á una cierta distancia de un globo cargado de diferente electricidad; y entonces la primera oscila y por medio del cálculo, partiendo del número de oscilaciones hechas en un tiempo dado, se determina la fuerza atractiva á diferentes distancias, como él determina la fuerza de la gravedad por las oscilaciones de un péndulo ordinario. (*Academia de ciencias de París*, 1785, pág. 581.)

Compónese la aguja de un hilo de goma laca, de 45 líneas de longitud, suspendida á un hilo de seda de 7 á 8 pulgadas, en el mismo estado que sale del capullo, y en uno de los extremos de la aguja y perpendicularmente á su direccion se fija un circulito de papel dorado de 7 á 8 líneas de diámetro. Atase el hilo á una barra de lacre, y la flexion es tal que con un peso de $\frac{1}{120000}$ de grano colocado en el extremo de la aguja horizontal, se la hace describir un círculo entero. Antes de servirse de ese aparato se le deja algun tiempo en un parage tranquilo para que desaparezca la torsion, si es que la habia.

El globo ó es de cobre ó de carton cubierto de estaño, (Véase *Distribucion de la Electricidad*), y está colocado sobre cuatro tubos de vidrio, encima de cada uno de los cuales hay un cilindrito de lacre. Su centro debe hallarse en frente de la aguja, á la cual se acerca ó aleja, segun las necesidades.

En tal estado, se carga el globo con la botella de Leyden ó de otro cualquier modo, y la aguja de electricidad contraria, para que respectivamente se atraigan, y entonces se hallan los resultados siguientes:

DISTANCIA del globo al centro del círculo dorado.	TIEMPO que duraron 15 oscilaciones.
9 pulgadas.	20''
18	40
24	60

Como el círculo no tiene mas que 7 líneas de diámetro, y se aproxima ó separa del globo una cantidad insensible, durante un mismo esperimento, resulta que la fuerza atractiva del globo sobre el círculo es constante, y si llamamos F á la unidad de distancia, se convierte en $\frac{F}{D^2}$ á la

distancia D . En el caso presente podemos considerar como puntos al globo y al círculo, en atencion á la forma esférica del primero y pequeñez del segundo.

Ademas, como las oscilaciones son muy cortas y muy considerable la distancia entre el globo y la aguja, relativamente á las dimensiones de esta última, se sigue que las líneas tiradas desde el círculo de papel al centro del glo-

bo, durante los diferente periodos de una oscilacion, son paralelas entre sí. Por consiguiente los fórmulas del péndulo (24. tomo I) pueden aplicarse á la cuestion que nos ocupa.

Si llamamos l á la longitud del péndulo, T al tiempo que dura una oscilacion y g á la intension de la fuerza atractiva, tendremos

$$T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Refiriéndola á nuestro experimento, tenemos que reemplazar g por $\frac{F}{D^2}$, lo que da

$$T = D\pi \sqrt{\frac{l}{F}}$$

Fórmula que indica, que con una misma aguja, siendo igual la fuerza atractiva, los tiempos de las oscilaciones, son proporcionales á las distancias D . Esto es tambien lo que resulta de las observaciones referidas en la página precedente.

Las dos primeras concuerdan perfectamente, pero la tercera debería haber dado $55\frac{1}{3}$.

Mas como los tres experimentos duraron solo 4 minutos y el dia en que se hicieron perdía la electricidad $\frac{1}{10}$ de su intension, se encuentra haciendo la correccion ¹ que debia haber durado $57'$ si no hubiera habido pérdida, en vez de $55\frac{1}{3}$ que se tiene por la rigurosa proporcionali-

¹ Si se supone que la intension es 70, al empezar el experimento, se reducirá á 9 al fin de la operacion, y tendremos

$$T = D.\pi \sqrt{\frac{l}{\frac{e}{40}}} \text{ y } 60 = D.\pi \sqrt{\frac{l}{\frac{e}{9}}};$$

de donde $T:60::\sqrt{9}:\sqrt{40}$, y de aqui $T=57$.

dad; lo cual reduce á $\frac{1}{30}$ próximamente, el error del resultado final. En fin, estos experimentos confirman la ley establecida con la balanza de torsion. (*Academia des Ciencias de Paris*, 1785, p. 584).

No es difícil repetir esos experimentos con electricidades de la misma naturaleza, pues la única diferencia que se advierte es que la aguja oscila en una direccion enteramente opuesta á la que tenia en el experimento en que las electricidades eran de diferente naturaleza. Coulomb sin embargo (Mem. cit. pág. 586) ha preferido, para verificar la ley de las repulsiones, servirse de la balanza anteriormente descrita.

441. Réstanos por descubrir la proporcion con que cada cuerpo contribuye al efecto total en la reaccion mutua de dos cuerpos electrizados.

Se quita, para esto, á uno cualquiera de los cuerpos, la mitad de su electricidad, lo que se consigue tocándole con un cuerpo enteramente semejante.

Supongamos, por ejemplo, que en la balanza de torsion, las bolas electrizadas están á 28° de distancia y que la repulsion puede equilibrar $120^\circ + 28 = 148^\circ$ de torsion.

En tal estado se toca la bola fija con otra de igual volumen, de la misma materia y sin electrizar, que la roba la mitad de su electricidad. Destuércese en seguida el hilo de suspension hasta que de nuevo aparezca el equilibrio á la distancia de los mismos 28° , y se advierte que el micrómetro superior corresponde solo á 44° , y que por consiguiente el hilo de suspension, se ha torcido solo $44^\circ + 28^\circ$ ó 72° .

Añadiendo á 72 la pérdida de $\frac{1}{30}$ por minuto, tiempo que dura el experimento, se tiene $72 + \frac{72}{30}$ ó 75 y medio. Este último valor se aproxima tanto á 74, mitad de 148, que se puede, sin el menor inconveniente, despreciar el error.