Se dice que un cuerpo está aislado cuando se halla sostenido por un cuerpo no conductor. Este aislamiento se practica con los cuerpos buenos conductores que se quieren electrizar, interceptando por este medio la comunicacion con otros cuerpos conductores que por su contacto le despojarían de su electricidad.

Es necesario advertir que la conductibilidad y no conductibilidad de los cuerpos para la electricidad no debe considerarse como una propiedad absoluta; los peores conductores, como el cristal, la seda y las resinas, poseen alguna conductibilidad, aunque débil; los mejores conductores, como los metales, el carbon calcinado y el agua, aunque conducen bien la electricidad, oponen sin embargo cierta resistencia á su propagacion.

277. La electricidad se comunica por el contacto y á distancia; pero la manera como se comunica depende de la conductibilidad del cuerpo y de la extension de la superficie. Los cuerpos malos conductores no toman ni pierden por el contacto la electricidad mas que en la extension de las superficies que se tocan; pero los buenos conductores la toman y la pierden en toda la extension de la superficie.

La electricidad que se comunica á distancia se esparce sobre los cuerpos en razon de su conductibilidad; pero al pasar de un cuerpo á otro presenta el fenómeno curioso de la chispa eléctrica. Este fenómeno se verifica en un tubo medianamente electrizado á la distancia de una pulgada cuando se le aproxima un cuerpo conductor.

Bien sea que la distribucion de la electricidad entre dos cuerpos buenos conductores se verifique en el contacto ó á distancia, siempre se efectúa en razon de la superficie: así pues para quitar á un cuerpo toda su electricidad es preciso ponerle en comunicacion con una gran superficie, por ejemplo, las paredes ó el piso de la habitacion, las cuales comunican con la tierra ó *depósito comun*. En efecto, una esfera de cobre, aislada por un mango de vidrio, no saca de los conductores de la máquina eléctrica sino chispas de pequeño volúmen; al paso que las saca mucho mayores y las descarga completamente cuando se la hace comunicar con el suelo por medio de una cadena metálica ú otro cuerpo conductor cualquiera.

La electricidad está retenida en la superficie de los cuerpos conductores por la presion del aire que los rodea, colocados en el vacío pierden instantáneamente su electricidad, la cual se desprende en forma de rayos luminosos, visibles en la oscuridad. Los malos conductores pierden tambien en el vacío sus propiedades eléctricas, pero con mucha mas lentitud.

278. Considerados los cuerpos con relacion al frotamiento, se han clasificado en dos séries distintas, los llamados *ideoeléctricos*, ó que desarrollan electricidad por frotacion, y los que no la desarrollan por este medio, llamados *aneléctricos*. Pero si bien es cierto, que estos últimos no se electrizan por el frotamiento, tambien lo es que, colocados en circunstancias convenientes, es decir aislándolos, se hacen eléctricos como los demas cuerpos. Esta última circunstancia nos conduce definitivamente á sentar que todos los cuerpos se electrizan por la frotacion, siendo por consecuencia infundada la division anterior. Se puede manifestar el desarrollo de la electricidad por el frotamiento de los líquidos con los sólidos y los gases, porque agitando mercurio ó cualquier otro líquido en un vaso de vidrio se encuentra éste último electrizado, y dirigiendo sobre un trozo de cristal una corriente de aire producida por un fuelle, se constituye el cristal en un estado eléctrico bastante enérgico.

El *péndulo eléctrico* nos presenta uno de los medios mas sencillos de que podemos servirnos para demostrar que un cuerpo se electriza por el frotamiento. Este aparato está reducido á una esferilla de médula de sauco (*fig.* 141) suspendida á la extremidad de un hilo muy fino; por pequeña que sea la cantidad de electricidad desarrollada en el cuerpo, se observa que presentándole al péndulo, la esfera de éste es atraida, separándose de su posicion de equilibrio.

LECCION LXXV.

Electricidad positiva y negativa.—Atracciones y repulsiones.—Determinacion de sus leyes.

279. Ya hemos manifestado que un cuerpo electrizado es susceptible de atraer los cuerpos ligeros: pero se observa tambien que despues de atraerlos los rechaza ó repele. En efecto, si se presenta á un péndulo eléctrico un cilindro de lacre frotado, inmediatamente se separa el péndulo de su posicion de equilibrio para precipitarse sobre el cuerpo electrizado, el cual á poco tiempo le rechaza, como hemos dicho; pero si estando el péndulo en este estado se le aproxima un cilindro de vidro frotado, se observa al momento una atraccion de parte de este último. Los mismos fenómenos, pero en sentido inverso, se verifican cuando se electriza el péndulo poniéndole en contacto con el vidrio, y se le presenta un cilindro de lacre frotado.

De este experimento podemos deducir dos consecuencias: 1ª que la electricidad del vidro no es la misma que la de la resina, y que existen por consecuencia dos especies diferentes, que pueden llamarse *electricidad vítrea* y *electricidad resinosa*. Algunos físicos las distinguen con los nombres de electricidad *positiva* á la del cristal, y *negativa* á la de la resina, comparándolas á las cantidades matemáticas de la misma denominacion que, como están afectadas de nombres contrarios, se destruyen en todo ó en parte segun la relacion de su magnitud, produciendo la mayor un residuo afectado de su signo. 2ª que dos cuerpos cargados de la misma especie de electricidad se repelen: atrayéndose, por el contrario, cuando sus electricidades son diferentes. Este principio, que sirve de base á la electricidad, se demuestra tambien de un modo mas sensible sirviéndose de dos péndulos, cuyas esferas se repelen cuando se han puesto en contacto con un mismo cuerpo electrizado, y se atraen cuando se toca la una con un tubo de vidrio y la otra con un cilindro de lacre.

Para estos experimentos es necesario servirse de péndulos aislados, porque en el caso contrario, no conservando la esfera de médula de sauco la electricidad que se al comunica, seria constantemente atraida por los cuerpos electrizados puestos en

su presencia, cualquiera que fuese el signo de su electricidad. Esto es lo que precisamente sucede cuando el hilo de que está suspendida la esfera es de lino, cáñamo, ó de una sustancia metálica, en vez de ser de seda ó de otro cuerpo poco conductor.

280. Cuando dos cuerpos se frotan el uno contra el otro, ambos se electrizan, resultando que uno de ellos lo hace positiva y el otro negativamente; de manera que siempre que se desenvuelve una electricidad, se desenvuelve tambien la otra: observándose ademas que las electricidades desarrolladas en el cuerpo frotante y el frotado son siempre iguales en cantidad.

Para probarlo se toman dos discos aislados (*fig.* 142) de la misma extension y se frotan mútuamente por algun tiempo: si se les separa rápidamente, y se coloca entre ellos y á igual distancia un péndulo eléctrico, quedará este aparato inmóvil, porque siendo igualmente atraido por ambos discos, no hay fuerza alguna que le separe de su posicion de equilibrio. Aun hay mas, y es que las electricidades desarrolladas por la frotacion se neutralizan completamente cuando se reunen, porque no se nota ninguna atraccion sobre el péndulo aproximándole á los discos despues de haber puesto en contacto sus superficies frotadas.

La mayor parte de los cuerpos pueden electrizarse diversamente segun las condiciones en que se los coloque: el vidrio y todas las sustancias vítreas, como el cristal de roca, adquieren casi siempre la electricidad positiva, sea ó no conductor el cuerpo con que se froten, siempre que la superficie de las primeras esté bien pulimentada; decimos casi siempre, porque se ha observado que el vidrio frotado con una piel de gato adquiere la electricidad negativa ó resinosa. Las sustancias resinosas, como el lacre etc., adquieren las mas veces la electricidad negativa, sea el que quiera el cuerpo no conductor con que se las frote; sin embargo, algunas adquieren tambien la vítrea.

El frotamiento de dos cuerpos de la misma naturaleza desarrolla tambien electricidad, en cuyo caso la especie de fluido que cada uno adquiere depende de su color, del grado de pulimento, del sentido en que se verifiquen las fricciones, y de la temperatura. En efecto, un tubo de vidrio pulimentado adquiere la electricidad positiva cuando se frota con otro sin pulimento, el cual toma la negativa; una cinta de seda negra frotada con otra blanca se electriza negativamente; de dos trozos de cinta de una misma pieza frotados en cruz, la que permanece inmóvil adquiere la electricidad positiva, y finalmente, de dos cuerpos frotados á temperaturas diferentes, el mas frio se electriza positivamente.

281. Las atracciones y repulsiones eléctricas de que hemos hablado están en razon inversa del cuadrado de la distancia, y son proporcionales à las cantidade de fluido eléctrico. Esta ley, descubierta por Coulomb, puede demostrarse sirviéndonos de las oscilaciones verificadas por una aguja electrizada, ó por medio de la balanza de torsion. Se compone este aparato de un ancho cilindro de cristal ABCD (*fig.* 143) y de un segundo cilindro EFGH de menor diámetro. La extremidad inferior del cilindro pequeño se apoya en la abertura de un platillo de vidrio que sirve de tapa al cilindro mas ancho, y su extremidad superior lleva un remate de metal GHXY móvil alrededor de su eje, el cual constituye el micrómetro de la balanza. El disco GH del micrómetro se halla dividido en 360 grados y está atravesado en su centro por un vástago de metal MN que puede girar libremente alrededor de su eje, y termina por una pequeña pinza, á la cual se sujeta un hilo muy fino de plata, del que se suspende una aguja de goma laca terminada en un extremo por un disco de papel dorado, ó por una esferita de médula de sauco. El vástago MN tiene ademas una pequeña aguja, cuya punta se apoya en las divisiones del micrómetro. Por último, una banda circular dividida en 360 grados es.á pegada á la caja y á la altura de la extremidad del hilo.

Para servirnos de la balanza se introduce por la abertura del platillo un vástago de vidrio RS, cuya extremidad inferior está provista de una esfera metálica. Se hace corresponder la esfera S con el cero de las divisiones de la banda circular, despues se coloca la aguja del micrómetro sobre el cero de las divisiones superiores, y haciendo girar convenientemente el micrómetro, se coloca el disco de papel dorado ó la esfera de sauco en contacto con la esfera metálica sin dar al hilo ninguna torsion.

Dispuesto el aparato de este modo, se electriza la esfera S, la cual, dividiendo su electricidad con el disco de papel dorado, rechaza á la aguja obligándola á colocarse en una posicion tal, que esciste equilibrio entre la fuerza repulsiva que a esfera ejerce sobre el disco y la fuerza de torsion del hilo metálico. que tiende á volverla á su posicion primitiva. Supongamos que se fija á 36 grados de distancia de su punto de partida. Aplicando el principio de que la fuerza de torsion de un hilo metálico es proporcional al ángulo de torsion, deduciremos que á la distancia actual, la repulsion eléctrica que es igual à la fuerza de torsion estará representada por 36.° Para valuar la fuerza repulsiva á una distancia menor se hace girar el limbo superior para torcer el hilo y aproximar la aguja de goma laca á su posicion primitiva, haciendo que el papel dorado se coloque primero delante de la division 18 de la banda circular, y despues delante de la division 9 de la misma. Con esto se consigue que las distancias de la esfera al disco sean sucesivamente 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, en cuyas posiciones hay siempre equilibrio entre la fuerza repulsiva de la electricidad y la fuerza de torsion del hilo. Ahora bien, la torsion del hilo se compone evidentemente de la distancia angular 18° y 19° de las dos esferas, mas el número de grados que en cada uno de estos casos ha sido necesario hacer recorrer á al aguja del micrómetro. En un experimento hecho por Coulomb correspondia esta aguja á 126° en la segunda posicion y á 567° en la tercera; de modo que siendo las las distancias del disco de papel dorado á la esfera como los números 1, $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$, las torsiones del hilo ò la fuerza repulsiva están entre sí como los números 36, 18+126=144,9+567=576, ó bien como 1, 4, 16, de lo cual se deduce que la fuerza repulsiva de dos cuerpos electrizados está en razon inversa del cuadrado de la distancia que los separa. Esta ley es igualmente cierta para las atracciones eléctricas.

Las atracciones y repulsiones eléctricas no dependen solamente de la distancia á que se encuentran los cuerpos entre quienes se ejercen, sino que, como hemos

anunciado, varían tambien con la cantidad de electricidad que se les comunica. En efecto, retrocedamos al segundo experimento, en que el disco fué rechazado á 18° de la esfera S, y en el que la torsion era de 144°; si tocamos en este caso la esfera S con otra de igual tamaño aislada y en su estado natural, conseguiremos que la electricidad de la esfera S se divida entre las dos, en cuyo estado se observa que la fuerza repulsiva es dos veces menor. pues que para mantener el disco de papel dorado á la distancia de 18° es necesario reducir á la mitad la torsion total. Si en este estado se quita al disco de papel dorado la mitad de su electricidad, poniéndole en contacto con otro igual y aislado, la fuerza repulsiva será dos veces menor que la anterior, y para mantener al disco en su posicion primitiva, será necesario reducir á la mitad la torsion del hilo. De lo dicho resulta que la torsion final y la fuerza repulsiva correspondiente no serán mas que la cuarta parte de las primitivas, y por consecuencia que las acciones eléctricas son proporcionales á las cantidades de electricidad que contienen los cuerpos entre quienes se verifican.

La demostracion de las leyes precedentes exige que durante el experimento las esferas y el disco no pierdan su electricidad, ó por lo menos que la pérdida sea tan pequeña que no pueda influir sensiblemente en los resultados. Esto se consigue haciendo que las esferas comuniquen con cuerpos malos conductores, y secando el aire de la balanza con el ácido sulfúrico ó el cloruro de calcio.

LECCION LXXVI.

Electricidad por influencia.—Máquina eléctrica.—Explicacion de su carga.—Electróscopo de panes de oro.

282. Un cuerpo electrizado descompone por influencia el fluido natural de otro cuerpo conductor colocado en su *esfera de actividad*.

La descomposicion del fluido natural por influencia se demuestra colocando delante de un cuerpo A (*fig.* 144), que podemos electrizar á voluntad, un cilindro metálico aislado B, á cuyas extremidades se aplican dos péndulos sostenidos por hilos conductores.

Tan pronto como se electriza el cuerpo A se observa una separacion en los péndulos; prueba inequívoca de que las extremidades del cilindro poseen electricidad libre. Suponiendo ademas que el cuerpo A se haya electrizado positivamente, se podrá notar: primero, que la parte del cilindro mas próxima al cuerpo A contiene electricidad negativa, porque la esfera del sauco b que constituye el péndulo es repelida cuando se la aproxima una barra de lacre frotada; segundo, que la parte del cilindro mas separada del cuerpo A contiene por el contrario la electricidad positiva, porque la esfera del segundo péndulo b' es rechazada por un tubo de vidrio electrizado positivamente. De lo dicho se infiere que el cilindro B se encuentra dividido en dos partes electrizadas inversamente; de manera que al pasar de la region positiva á la negativa, nos encontramos necesariamente con una línea xy situada en la parte mas próxima del orígen eléctrico que no contiene electricidad libre, y á partir de la cual la tension eléctrica aumenta positivamente en una direccion y negativamente en otra hasta las extremidades del cilindro donde está en su maximum.

283. Si se descarga instantáneamente el cuerpo A poniéndole en comunicacion con el depósito comun, desaparece la divergencia de los péndulos rápidameute; pero si separamos con lentitud el cilindro B, la divergencia de los péndulos decrece poco á poco, desapareciendo completamente cuando se sitúan fuera de la esfera de actividad eléctrica.

La cantidad de electricidad natural descompuesta en el cilindro varía tambien con las dimensiones de éste y con la intensidad del orígen eléctrico.

Resulta de estos experimentos que la electricidad del cuerpo A no ha sido trasmitida del cuerpo electrizado al cilindro B, porque en este caso no poseeria el cilindro mas que un solo fluido, el cual conservaria despues de la descarga y de la separacion del cuerpo A. Para explicar estos fenómenos es necesario admitir que el fluido positivo del cuerpo A descompone por influencia el fluido natural del cilindro aislado, atrayendo hácia sí el de nombre contrario y repeliendo el del mismo nombre.

Analizando las fuerzas que actúan sobre una molécula cualquiera m del fluido natural del cilindro, se concebirá fácilmente por qué y en qué momento cesa la descomposicion. En efecto, el fluiflo negativo de esta molécula es atraido por el cuerpo A hácia la parte anterior del cilindro; primero, por la repulsion que sobre él ejerce la electricidad negativa acumulada desde un principio en el punto b, y segundo, por la atraccion de la electricidad positiva acumulada en b'. El fluido positivo de la molécula m experimentará acciones semejantes; de lo cual resulta que la descomposicion por influencia cesará tan luego como se verifique el equilibrio entre la primera fuerza que obra en un sentido, y las otras dos que actúan en sentido contrario.

Los cuerpos electrizados por influencia vuelven á su estado primitivo tan luego como cesa ésta, lo cual se consigue ó lenta ó repentinamente. Para hacerlo por el primer medio no hay mas que ir sacando chispas del cuerpo electrizado por medio de un conductor aislado, ó aumentando la distancia del cuerpo conductor que recibe la influencia. Para hacerlo por el segundo medio, no hay mas que sacar del cuerpo electrizado una chispa total que le descargue de una vez, sirviéndose para ello de un cuerpo conductor.

En estos fenómenos ninguno de los fluidos sale de la masa que experimenta la influencia eléctrica; pero ambos sufren un movimiento de traslacion en toda la extension de la masa, así cuando se reunen como cuando se separan, y estos movimientos rápidos de la electricidad producen en las moléculas ponderables sacudimientos mecánicos, ó efectos químicos muy notables.

284. Un cuerpo electrizado por influencia puede á su vez actuar sobre otros cuerpos aislados descomponiendo su fluido natural; esto se demuestra colocando

dos cilindros á continuacion uno de otro, y observando que la divergencia de los péndulos del segundo es mayor que la que seria si situado á la misma distancia estuviese solamente sometido á la influencia del orígen eléctrico.

285. Cuando se hace comunicar con el suelo cualquiera de los puntos situado, á la derecha ó á la izquierda de la línea media del cilindro B, electrizado por influencia, pierde instantáneamente su electricidad positiva y conserva la negativa cesando por consecuencia la divergencia del péndulo b' y aumentando la del péndulo b. En efecto, si se toca la parte posterior del cilindro B, el fluido positivo rechazado hácia aquel punto, pasa inmediatamente al depósito comun; si es la parte anterior del cilindro la que se pone en contacto con un cuerpo conductor, la electricidad natural de éste se descompondrá por el cuerpo A que ejerce la inflencia repeliendo su fluido vítreo al depósito comun, en tanto que el fluido resinoso que resulta de la descomposicion del fluido natural, esparciéndose por el cilindro, neutralizará todo el fluido vítreo que en él se encuentre. El resultado es el mismo que el que hubiéramos obtenido si antes de someter el cilindro á la infiuencia del cuerpo electrizado le hubiéramos hecho comunicar con el suelo por medio de un buen conductor. Una vez separada por este medio la electricidad positiva del cilindros la accion del cuerpo A, teniendo una fuerza menos que vencer, se dirige exclusivamente á descomponer una nueva porcion de fluido natural; el fluido positivo que resulta se marcha al depósito comun, en tanto que el negativo, atraido hácia la parte anterior del cilindro, aumenta la cantidad del contenido en este punto, y por con secuencia la divergencia del péndulo b. Si en este estado se suprime la comuni, cacion del cilindro B con el suelo, conservará este cuerpo un exceso de fluido negativo libre, aun cuando le separemos de la influencia del cuerpo A. De lo cua- resulta la posibilidad de cargar un cilindro metálico aislado de fluido negativo ó positivo por la influencia de un manantial de electricidad de nombre contrario.

Si en vez de hacer comunicar el cilindro con el suelo se le tocase con una esfel rita metálica aislada, obtendriamos electricidad positiva en todos los puntos situados á la derecha de la línea media, y electricidad negativa en los puntos situados á las izquierda de la misma, siendo tanto mayor la cantidad obtenida cuanto mas no- aproximemos á los extremos.

286. Las leyes precedentes suponen que el cuerpo influenciado no oponga resistencia alguna á los fluidos eléctricos; pero no son rigorosamente aplicables á los cuerpos malos conductores de la electricidad, aun cuando puedan estos electrizarse tambien por influencia, como se demuestra por experimentos directos.

La diferencia que presentan los cuerpos buenos y malos conductores al electrizarse por influencia sirve para explicar la comunicacion de la electricidad á distancia, la cual, como hemos indicado en el párrafo 279, va siempre acompañada del fe nómeno curioso de la chispa eléctrica. En efecto, si presentamos á un cuerpo A electrizado positivamente otro buen conductor en su estado natural, se consigue sacar la chispa á una distancia bastante grande, en tanto que no conseguimos este efecto si nos servimos de un cuerpo mal conductor. La causa de esta diferencia se concebirá fácilmente observando que en el primer caso el cuerpo electrizado descompone con facilidad el fluido natural del conductor rechazando su fluido positivo y atrayendo el negativo á la parte mas inmediata en donde ejercerá un esfuerzo contra el aire, para combinarse con el fiuido positivo del cuerpo A. En este caso, si la tension es bastante fuerte y la distancia proporcionada, se verifica la recomposicion de los dos fluidos contrarios al través del aire. En el segundo caso, descomponiéndose con lentitud y dificultad el fluido natural del cuerpo mal conductor, cambia muy poco su estado eléctrico, de modo que las electricidades de los dos cuerpos qne se hallan en presencia se atraen con menos energía, y no adquieren fuerza suficiente para vencer la resistencia del aire.

Aun cuando la chispa eléctrica no nos quema, no por eso se puede decir que es una luz sin calor, puesto que puede inflamar los cuerpos combustibles, como el éter, el alcohol, la pólvora de cañon etc., pudiendo ademas verificar la combinacion de dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno encerrados en el aparato conocido con el nombre de *pistolete de Volta*. Finalmente un gran número de experimentos que se hacen en los gabinetes de fisica están fundados en la electricidad por influencia, entre los cuales citaremos la danza y repique eléctricos, la araña de Franklin etc., etc.

287. La electricidad en la máquina eléctrica (*fig.* 145) se desarrolla por la frotacion de un disco de vidrio con cuatro almohadillas henchidas de crin. El disco está atravesado en su centro por un eje que á su extremo tiene aplicado un manubrio. Delante del disco hay dos cilindros metálicos de cobre ó láton unidos por otro tercero llamados conductores, los cuales están apoyados ó sostenidos por columnas de vidrio barnizadas con goma laca. Por el lado del disco termina el conductor en dos brazos, cada uno de los cuales tiene en su extremidad unas puntas metálicas dirigidas hácia el disco. Las almohadillas deben frotarse por la parte que está en contacto con el disco de vidrio con *oro musivo*, ó con una amalgama compuesta de una parte de zinc y cinco de mercurio. La parte posterior de las almohadillas está en contacto con una varilla metálica que comunica con el suelo.

Haciendo girar el disco, la electricidad positiva desarrollada permanece en las dos superficies de éste, en tanto que la negativa esparcida por las almohadillas se marcha por la varilla metálica al depósito comun. La electricidad vítrea contenida en el disco obra por influencia sobre el fluido natural de los conductores descomponiendo y atrayendo hácia sí la de nombre contrario y repeliendo la del mismo nombre; la primera se escapa por las puntas y neutraliza la del disco, mientras que la segunda permanece en los conductores, de los cuales podemos sacar chispas aproximando un dedo ú otro cualquier cuerpo. La misma descomposicion se verifica cuando los brazos de los conductores, en vez de terminar en puntas, terminan en esferas metálicas; solo que el fluido negativo del conductor pasa bajo la forma de chispa á neutralizar el fluido positivo del disco. De este modo conserva el conductor por mas tiempo sus propiedades eléctricas despues de haber cesado la rotacion del disco.

Para obtener grandes efectos por medio de este aparato es necesario, ademas de lo dicho, dirigir hácia las puntas toda la electricidad desenvuelta por las almohadi-

llas, y evitar por consiguiente la pérdida que el contacto del aire debe producir en el disco; lo que se consigue aplicando á éste dos *armaduras* de tafetan engomado que cubren el vidrio en toda la extension de los dos cuadrantes opuestos al dirigirse desde las almohadillas al conductor.

288. A pesar de todas estas precauciones, la carga eléctrica del conductor es susceptible de un maximum dependiente de varias causas y del cual no puede pasar. En efecto, girando el disco con una velocidad dada no puede adquirir mas que una cantidad finita de electricidad; debiendo ser limitada tambien por consecuencia la cantidad de electricidad neutra que puede descomponerse en el conductor. La descomposicion debe pues cesar tan luego como los fluidos negativo y positivo de una misma molécula de electricidad neutra experimenten, el primero repulsiones iguales y el segundo atracciones tambien iguales por la electricidad positiva del disco y la préviamente acumulada en el conductor. La tension maximum á que llega en este caso el conductor aumenta con la velocidad de rotacion del disco. Pero aun cuando comuniquemos al disco una velocidad de rotacion extraordinariamente grande, no por eso la tension eléctrica del conductor podrá pasar de cierto límite dependiente de la resistencia que el aire opone á la pérdida de electricidad; resistencia que será tanto mayor cuanto mas seco esté el aire, y de aquí la necesidad de secar y calentar los sustentáculos y conductores.

Si la rotacion del disco cesa, el conductor perderá muy pronto toda su carga eléctrica, bien por causa del contacto del aire, ó bien por las puntas, si las tiene; por consecuencia, si hemos de reparar á cada momento estas pérdidas, es indispensable comunicar al platillo una rotacion constante y uniforme.

289. Se llaman *electróscopos* ó *electrómetros* unos aparatos destinados á hacer sensibles las mas pequeñas porciones de electricidad y á indicar su naturaleza.

Estos aparatos se componen de una campana de vidrio (*fig.* 146), á cuya parte superior está sujeto con mastic un conductor metálico terminado exteriormente en una esfera y por la parte inferior en unos anillos, ó en una pinza, de los cuales se suspenden unas veces dos hilos metálicos muy finos que llevan en sus extremidades unas esferillas de médula de sauco, y otras unas pajitas ó unos panes de oro. Estos conductores móviles cuando divergen todo lo posible tocan á unas láminas de estaño que parten del fondo de la campana y se elevan verticalmente sobre sus paredes interiores á la altura de los péndulos, sobre los cuales se descargan de la electricidad que contienen.

Cuando se quiere reconocer simplemente por medio de estos aparatos la presencia de la electricidad en un cuerpo, bastará aproximarle gradualmente al conductor fijo del electróscopo, y observar la divergencia de los conductores movibles. De dos cuerpos de una misma forma colocados á la misma distancia, el que produzca menos divergencia tendrá evidentemente una fuerza eléctrica menor.

Cuando se quiere conocer la especie de electricidad que tiene un cuerpo, será necesario dar al electróscopo una electricidad conocida; lo que se consigue aproximando el cuerpo electrizado y tocando al mismo tiempo la esfera del electróscopo con el dedo, el fluido rechazado se marcha al depósito comun, y retirando despues el dedo, y luego el cuerpo electrizado, el electróscopo se queda cargado con el fluido atraido, es decir, del contrario al del cuerpo que se presenta. En este caso todo cuerpo que al aproximarle á la esfera metálica aumente la divergencia de los pendulitos, tendrá la misma electricidad que la del aparato; pero no por eso podremos decir que todo cuerpo que disminuya la divergencia esté dotado de electricidad contraria, porque los cuerpos conductores en su estado natural producen este efecto sobre los conductores movibles, á causa de la descomposicion por influencia que experimentan. Así pues, el aumento de divergencia es una prueba decisiva, pero la disminucion es una prueba incierta, al menos que no sea muy grande, y que aproximando mas el cuerpo que la produce no sea capaz de determinar una divergencia en sentido contrario despues de haber vuelto á poner en contacto los conductores móviles del aparato.

LECCION LXXVII.

Electricidad latente.—Medios de hacer constar su presencia.

290. Para formarse una idea exacta de la electricidad latente ó disimulada, y de su composicion lenta ó repentina, es necesario concebir dos discos conductores $c\,c'$ (*fig.* 147) puestos en presencia uno de otro y separados por una lámina n no conductora, de vidrio. Cuando el disco c recibe, por ejemplo, la electricidad positiva, y el disco c' la negativa, estas dos electricidades se atraen al través de la lámina no conductora n, oprimiendo las dos caras opuestas de ésta por el esfuerzo que hacen para reunirse. En este caso se dice que estas electricidades están disimuladas. En efecto, cuando están cargados los dos discos se puede tocar á uno y á otro sin que su fluido se marche al depósito comun, siempre que el contacto no sea simultáneo, en razon de que el fluido del disco que se toca no obedece á la fuerza repulsiva que le es propia, por estar atraido y retenido por el fluido del otro disco.

De este modo se acumulan grandes cantidades de electricidad en los discos, las cuales se colocan sobre las caras opuestas de la lámina no conductora y parmanecen disimuladas la una por la otra.

Supongamos que los discos tengan matemáticamente la misma forma y el mismo tamaño; que la lámina n sea bien plana por ambas superficies é igualmente gruesa ó del mismo espesor, y que la máquina ó manantial que suministra la electricidad positiva al disco c tenga exactamente la misma fuerza que la que comunica la electricidad negativa al disco c': en este caso es evidente que las cargas de los discos serán exactamente iguales, y que en los puntos de cada uno, simétricamente colocados, las tensiones eléctricas serán siempre las mismas.

Esto supuesto, si despues de haber cargado el aparato y haberle aislado suprimimos la comunicacion con los manantiales de electricidad, observaremos que la disimulacion no es completa; es decir, que no existe en los discos un solo punto que

carezca de tension eléctrica. Esta tension es muy grande en las caras interiores, en cuyos puntos, si las superficies tienen mucha extension, los fluidos pueden oprimir la lámina *n* con tanta fuerza que se abran paso al través de su sustancia y la agujereen para reunirse.

En las caras exteriores la tension eléctrica que se ejerce contra el aire que rodea los discos es muy débil en comparacion de la tension interior; pero existe, como se puede observar aproximando un dedo sucesivamente á cada disco, con lo que se consigue sacar chispas pequeñas.

La disimulacion no puede ser completa, porque los fluidos acumulados en su mayor parte sobre las superficies interiores están separados por el espesor de la lámina no conductora, no pudiendo neutralizarse completamente, á menos que los dos discos estén en contacto inmediato. Así, pues, la disimulacion es tanto mas completa cuanto mas delgada es la lámina no conductora; pero al mismo tiempo presenta menos resistencia á la presion eléctrica.

291. En lo que precede hemos supuesto que los discos recibian la electricidad positiva y la negativa en igual cantidad por su comunicacion con dos máquinas eléctricas; pero generalmente no se emplea mas que una sola, poniendo, por ejemplo, el disco *c* en comunicacion con ella, y el disco *c'* con el depósito comun. En este caso el dico *c'* se carga pór influencia, adquiriendo una cantidad de fluido negativo menor que la del positivo contenido en el disco *c*, no pudiendo ser indefinida ni para el uno ni para el otro, por grande que sea la tension de las electricidades disimuladas. En efecto, representemos por V la cantidad de electricidad del primer disco, y por R la del segundo; V será necesariamente mayor que R, porque estando esta última neutralizada por la primera al través del espesor del cristal, será mas pequeña que lo que seria si estuviese en contacto. Recíprocamente actuando R sobre V neutraliza una parte de ésta, pero mas pequeña tambien que la que neutralizaria por su contacto, y por consecuencia mas pequeña que V. De lo dicho resulta, que la cantidad de electricidad contenida en el disco *c'* está completamente disimulada, en tanto que de la contenida en el disco *c* solamente lo estará una parte. Por consiguiente, el disco *c* podrá adquirir una nueva porcion de electricidad, parte de la cual será disimulada por la que á su vez y por su influencia desarrolla en el disco c'; y como se puede hacer abstraccion del fluido ya esparcido por el aparato, el nuevo fluido negativo desarrollado en *c'* será aun en menor cantidad que el nuevo fluido recibido por el disco *c*. La diferencia entre las cantidades de fluido contenidas en los discos crecerá tambien á cada nueva descomposicion, sucediendo lo mismo si e ldisco *c* recibiese su fluido de una manera contínua. Bajo este concepto debe llegar un momento en que el disco positivo adquiera la suficiente intensidad para vencer las acciones concordantes que el fluido negativo del disco inferior y el positivo de la máquina ejercen sobre una molécula positiva *m* del conductor metalico que establece la comunicacion de la máquina con el disco *c*; llegado este caso, el disco *c* no puede recibir mas fluido, y el aparato tendrá su maximnm de carga.

292. El aparato que acabamos de describir puede descargarse despues de aislado lenta ó rápidamente. En la recomposicion lenta se presentan fenómenos muy curiosos, cuya explicacion es sumamente fácil, una vez entendido lo que acabamos de decir. En efecto, si aplicamos dos péndulos P P' á los discos metálicos *cc'* de la figura anterior, observaremos que el péndulo P' se mantiene en la posicion vertical, y el péndulo P diverge. Si tocamos el disco *c* con un cuerpo conductor, sacaremos una chispa, que proviene del exceso de electricidad libre en él contenida; en este caso el péndulo P caerá y el P' se separá al momento, como si el disco *c'* hubiera recibido una nueva carga de electricidad: esta repulsion proviene del fluido negativo, que ha quedado en estado de libertad por la pérdida del positivo que ha sufrido el disco *c*. Si se toca en seguida el disco *c'*. su péndulo cae y el de *c* se eleva, y repitiendo alternativamente los contactos, se obtiene una série de chispas cada vez menores, hasta que se consigue descargar completamente el aparato.

Si se abandona el aparato aislado al contacto del aire, se observa que el péndulo P, divergente en un principio, va bajando con lentitud, en tanto que el péndulo P', cuya posicion era vertical, se va separando tambien de la misma manera; pero una vez establecida la igualdad de divergencia, la pérdida debida al contacto del aire se hace igual para ambos discos, y los dos péndulos caen reunidos y con tanta mas lentitud cuanto mas seco esté el aire.

Para verificar la descarga rápidamente se establece la comunicacion entre los dos discos por medio de un excitador metálico (*fig.* 148), compuesto de dos brazos sostenidos por mangos de cristal y movibles alrededor del punto, por el cual están unidos. Puede tambien emplearse un conductor sencillo de metal, cuyos dos brazos se sostienen por las manos. En este caso, como la electricidad se dirige siempre por los cuerpos mas conductores, atravesará por el metal sin producir la menor conmocion al operador; sin embargo, si la tension del fluido eléctrico fuese muy grande, ó el conductor muy delgado, una parte de dicho fluido pasaria al través del cuerpo del operador, haciéndole experimentar una conmocion mas ó menos violenta.

Cuando la electricidad se halla disimulada y el aparato aislado, la mayor parte de los fluidos se encuentra en las caras opuestas del disco no conductor que separa los dos conductores, pues si existiese en éstos, un solo contacto con las extremidades del excitador seria suficiente para descargarlos de una manera completa. Este principio puede demostrarse directamente, como manifestaremos al hablar de la botella de Leyden.

LECCION LXXVIII.

Condensadores.—Botella de Leyden.

293. Los condensadores, cuya teoría hemos desarrollado en la leccion anterior, son unos aparatos en los cuales se acumula la electricidad disimulada. Se componen generalmente de dos láminas conductoras, separadas por otra no conductriz. La forma y nombre varian segun los usos á que se destinan. El que nos ha ser-

vido en los experimentos anteriores se llama condensador de *láminas de vidrio*, el cual es susceptible de acumular grandes cantidades de electricidad; pero en razon al espesor del vidrio no puede cargarse sino por manantiales eléctricos de mucha tension. En la práctica, y para facilitar los experimentos, se reemplazan los dos discos móviles por dos hojas de estaño pegadas á las dos caras opuestas de un cuadrado de vidrio mas ancho que ellas.

El *condensador de tafetan* está compuesto de un disco de madera cubierto con tafetan barnizado: y de un platillo conductor aislado por un mango de cristal. Teniendo el tafetan menos espesor y solidez que el vidrio, resulta que este condensador no puede adquirir tanta electricidad como el precedente; pero puede en cambio cargarse por focos mas débiles.

El *condensador de láminas de oro* no es mas que un electróscopo, sobre el cual se adaptan dos platillos metálicos delgados y bien planos (*fig.* 149): el superior es movible y se levanta por medio de un mango aislante; el inferior está sujeto á la guarnicion de la campana, y la capa no conductriz que los separa es un barniz de goma laca que se seca con facilidad: la película que con él se forma es suficiente para detener la electricidad, á pesar de que no tiene mas espesor que un vigésimo de línea.

De este modo los platillos están casi en contacto, y la disimulacion de la electricidad es lo mas completa posible; siendo por esta razon este aparato el mas perfecto que se conoce, si bien es cierto que no puede sufrir grandes cargas. Para conocer por medio de este aparato la presencia de la electricidad en un cuerpo, se pone el platillo inferior en contacto con este cuerpo, y el superior con el depósito comun, se suprimen al cabo de algun tiempo las comunicaciones, y se levanta perpendicularmente el platillo superior. La electricidad acumulada sobre el otro queda en este caso libre y separa las dos láminas de oro. Si se quiere conocer la especie de electricidad que contiene el cuerpo, basta dar á las láminas de oro una electricidad conocida. Para experimentos delicados conviene rodear la campana del conductor con otra de cristal, en la que se deseca el aire por medio de cuerpos absorventes.

294. La *botella de Leyden* no es mas que un condensador de lámina de vidrio. Consiste este aparato en un frasco de vidrio (*fig.* 150) de paredes delgadas, lleno de hojas de oro ó de otra sustancia conductriz, y cubierto por la parte exterior con una hoja de estaño que se eleva hasta una ó dos pulgadas del borde superior. El apon de corcho que cierra la botella está atravesado por un vástago metálico, que termina por la parte interior en una punta y por la exterior en una esfera. Las guarniciones exteriores é interiores se llaman *armaduras*, las cuales no deben comunicarse, y para evitar esta comunicacion se cubre el cuello de la botella con una capa de barniz de goma laca.

La botella de Leyden se carga poniendo en comunicacion una de sus guarniciones con el conductor de la máquina eléctrica, y la otra con el depósito comun. Si es la guarnicion interior la que se aproxima á la máquina, la botella se carga de

electricidad positiva, adquiriendo por el contrario la negativa cuando tomando en la mano el vástago metálico se aproxima la guarnicion exterior á la máquina.

La teoría del condensador es completamente aplicable á la botella de Leyden, teniendo presente que la armadura interior sustituye al disco *c* de aquel, y la armadura exterior al disco *c'*. Se puede tambien descargar ràpidamente sacando de ella una gran chispa, ó con lentitud tocando alternativamente cada una de sus armaduras despues de haberla aislado. Cuando se la descarga instantáneamente no basta un solo contacto con el excitador para hacer que la botella vuelva á su estado natural. Esto proviene, como en el condensador, de que los dos fluidos eléctricos abandonan las armaduras para colocarse sobre las dos caras opuestas del vidrio, al través de la cual se atraen, lo cual se comprueba fácilmente con una botella (*fig.* 151), cuyas armaduras pueden separarse, y que por esta razon recibe el nombre de *botella de armaduras movibles*. Despues de cargada y colocada sobre un aislador, se separa por medio de un tubo de vidrio la armadura interior, y luego el frasco de vidrio ó lámina aisladora; se tocan sucesivamente los dos elementos metálicos, sobre los cuales apenas existe una cantidad sensible de electricidad, y se vuelven á colocar de la misma manera y con las mismas precauciones que en un principio; la botella se encuentra entonces tan cargada como antes de la comunicacion de sus armaduras con el depósito comun.

Cuando se presentan á la botella de Leyden muchos conductores para descargarla, la electricidad elige siempre el mejor; por esta razon no se siente conmccion, aun cuando se la descargue con el excitador simple ó con una cadenilla, siempre que no haya solucion de continuidad, ó que la cadena no sea extremadamente delgada.

Se comparan las cargas de la botella de Leyden por la distancia á la cual salta la chispa entre su esfera, y otra de la misma forma que comunique con su guarnicion exterior (*fig.* 152): la varilla *tq* está dividida, se la aproxima gradualmente á la botella por medio del tornillo *v*, y se observa la distancia á la cual la chispa parte entre ambas esferas. Para que los experimentos sean comparables es necesario que siendo la misma la esfera *b*, todas las esferas de las diversas botellas tengan las mismas dimensiones. Se reconoce fácilmente por medio de este aparato, que las cargas de las botellas son proporcionales á la extension de las superficies de sus armaduras.

295. Las *baterías eléctricas* se componen de varias botellas de Leyden, cuyas guarniciones interiores comunican entre sí por medio de varillas metálicas, y las exteriores lo verifican por medio de una lámina de plomo ó estaño con que está recubierto el fondo de la caja donde se encuentran colocadas. Las baterías se cargan de la misma manera que la botella de Leyden, haciendo comunicar su parte interior con el conductor de la máquina eléctrica, y la exterior con el suelo. Para apreciar la tension eléctrica del conductor y de la armadura interior con quien comunica, se adapta á este último un electrómetro de *cuadrante* (*fig.* 133), cuyo péndulo se separa cada vez mas de su posicion vertical á medida que la tension se aproxima á su maximum, á la cual habrá llegado cuando la aguja queda inmóvil á pesar de la rotacion del disco el de la máquina eléctrica.

296. Los efectos producidos por la chispa de la botella de Leyden y por las baterías se pueden dividir en *fisiológicos, físicos* y *químicos*. Los primeros son tanto mas enérgicos, cuanto mayor superficie tienen las armaduras y mayor es su carga. Cuando se toca con una mano la guarnicion exterior, y con la otra la interior, la conmocion pasa por el brazo y el pecho, extendiéndose mas ó menos segun es mayor ó menor la carga de la botella. Las baterías eléctricas producen todavía efectos mas enérgicos que los de las simples botellas de Leyden; así se observa que los pájaros, y aun gazapos, sucumben fácilmente bajo el choque de una batería débil, y los animales mas robustos no pueden resistir la descarga de una batería enérgica.

Los efectos físicos pueden dividirse en caloríficos, mecánicos y luminosos; citaremos entre los primeros la inflamacion del éter, del alcohol, de la pólvora y de la resina pulverizada, la detonacion de una mezcla de hidrógeno y oxígeno en el pistolete de Volta, y la fusion y volatizacion de hilos metálicos de pequeño diámetro sometido á las descargas de las baterías.

Para hacer este último experimento se emplea ordinariamente el excitador universal (*fig.* 154); la varilla metálica aislada *b* comunica con la guarnicion exterior de la batería por medio de la cadena *c*, y la varilla *b'*, dispuesta del mismo modo que la otra, comunica con una cadena *c'* que termina en la esfera aislada *b*: cuando se quiere hacer pasar la chispa se aproxima la esfera *b* rápidamente al interior de la batería, y los fluidos se recomponen al través del circuito *bc'b'bc*, en el cual están colocados los cuerpos, al través de los cuales queremos hacer pasar la electricidad.

Colocando un hilo de hierro entre las varillas del excitador se calienta por una descarga débil, se enrojece por una mayor, y finalmente se funde y aun desaparece cuando la batería es muy enérgica. Los demas metales pueden tambien calentarse, enrojecerse, fundirse y volatilizarse; pero no todos con la misma facilidad: los que son malos conductores, como el platino y el hierro, experimentan, á igualdad de dimensiones, efectos mayores que el oro y el cobre, que están dotados de una conductibilidad mayor. Los hilos de seda dorados presentan un fenómeno singular que demuestra la rapidez con que la electricidad se apodera de las moléculas de materia conductriz: el oro de que están recubiertos se volatiliza y se oxida, sin que el calor sea capaz de romper la seda. Este experimento se hace mas sensible si se apoya en el hilo una hoja de papel blanco, sobre la cual se ve, despues del paso de la electricidad, una mancha de color gris oscuro que proviene del vapor de oro.

297. Cuando se coloca un naipe entre dos conductores terminados por una punta, y se hace pasar la descarga de la botella de Leyden, se consigue hacer un agujero pequeño, el cual presenta por ambos lados un reborde como si el fluido hubiese partido del medio del naipe para salir por sus dos caras ó superficies. El vidrio tambien se taladra por un procedimiento análogo, teniendo cuidado de que una de las dos puntas esté en contacto con una gota de un líquido conductor.

En los gases produce la chispa de la botella de Leyden, una expansion tan grande y repentina que es capaz de lanzar una bala pequeña por medio del *mortero eléctrico* (*fig.* 155).

Empleando baterías eléctricas podemos obtener efectos mecánicos mas notables. En efecto, los cuerpos malos conductores colocados entre las ramas del excitador universal se agujerean y hacen pedazos por la descarga de una batería fuerte. Una piedra plana de algunas líneas de espesor se agujerea como el vidrio, y un cilindro de madera de dos ó tres pulgadas de diámetro y de media pulgada de espesor se hace astillas si la electricidad le atraviesa en el sentido de las fibras.

298. Los efectos luminosos son en extremo variados, y pueden observarse en el vacío y en el aire. Para estudiar la luz eléctrica en el vacío se emplea un globo (*fig.* 156) atravesado por dos varillas metálicas terminadas en esferas, y que pueden aproximarse ó alejarse una de otra: está ademas provisto en su parte inferior de una llave destinada á establecer ó á interceptar la comunicacion entre el interior y el exterior. Cuando se hace el vacío mas perfecto posible y se pone por una de sus extremidades en contacto con una máquina eléctrica y por la otra con el suelo, la electricidad pasa libremente y la luz llena toda la capacidad del tubo. Si se deja entrar un poco de aire, la luz se difunde menos, se estrecha, y forma entre los dos cuerpos conductores arcos de color de púrpura; observándose ademas que á medida que el espacio luminoso disminuye, la intensidad de la luz se aumenta.

Todos los experimentos de luz eléctrica en el aire se fundan sobre un mismo principio, que consiste en multiplicar las chispas, haciendo pasar el fluido eléctrico por una serie de conductores discontínuos, ó por partículas metálicas separadas unas de otras por pequeños intervalos, formando dibujos mas ó menos vistosos y variados.

La luz eléctrica varía en su aspecto con la naturaleza de las electricidades; la negativa, saliendo por una punta, no produce en su extremidad mas que un punto luminoso, en tanto que la positiva produce penachos divergentes de algunas líneas de longitud. Este fenómeno singular es digno de atencion, puesto que ofrece un carácter distintivo entre las dos electricidades; diferencia que atribuye Tremery á la mayor resistencia que opone el aire al movimiento del fluido negativo.

299. Los efectos químicos de la electricidad estática son muy limitados si se comparan con los de la electricidad dinámica. Sin embargo, la chispa eléctrica favorece la combinacion del hidrógeno con el oxígeno, y la del hidrógeno con el cloro, descompone parcial y totalmente algunas combinaciones gaseosas, como el hidrógeno carbonado, el amoníaco y el hidrógeno sulfurado, y puede no solo descomponer el agua, sino tambien algunas sustancias salinas, segun las observaciones de Faraday.

LECCION LXXIX.

Influencia de los cuerpos terminados en punta.—Aplicacion á los pararayos.

300. Cuando se atornilla una punta metálica muy aguda al conductor de la máquina eléctrica se observa que es absolutamente imposible cargarle de electrici-

dad, pues que, á medida que el fluido se desarrolla por la rotacion del disco, se disipa por la punta formando el penacho luminoso visible en la oscuridad, de que hemos hablado en la leccion anterior. Si hacemos comunicar la punta con el depósito comun, y se coloca á poca distancia del conductor de la máquina, tampoco conseguiremos que éste se cargue de fluido eléctrico; en este caso la electricidad del conductor descompone por influencia la electricidad natural de la punta, rechaza la del mismo nombre y atrae la de nombre contrario, la cual, acumulándose en la punta, se escapa al través del aire, y neutraliza la del conductor.

De todas las teorías propuestas para explicar los poderosos efectos que producen las puntas, no hay ninguna comparable con la que los hace depender de la manera como se distribuye la electricidad libre en la superficie de los buenos conductores. Coulomb ha demostrado que si se electrizan simultáneamente una série de esferas iguales, colocadas á continuacion unas de otras, de modo que sus ejes se encuentren en línea recta, la tension eléctrica va aumentando á medida que nos aproximamos á las extremidades de la série. Una disposicion análoga se verifica en un conductor cilíndrico terminado por dos porciones de esfera, como hemos manifestado en la leccion 76; pero la diferencia es todavía mas notable si en vez de servirnos de esferas iguales nos servimos de una série de ellas, cuyos diámetros vayan disminuyendo sucesivamente. Se concibe en efecto que la esfera menor colocada en la extremidad de la série debe contener una cantidad de electricidad bastante grande para contrarestar la accion repulsiva que desarrolla sobre ella el fluido esparcido sobre las demas partes del sistema. A medida que esta esfera tenga un diámetro menor, las partículas eléctricas estarán mucho mas próximas, y por consecuencia la tension del fluido eléctrico será mucho mas considerable. Si en lugar de esferas nos servimos de un elipsoide de revolucion, el espesor de la capa eléctrica no será el mismo en los diferentes puntos de su superficie, aun cuando el fluido eléctrico se dirija hácia el centro y se esparza del mismo modo, pues cuando llegue á las extremidades a y b de los ejes menores (*fig.* 157) refluirá hácia las extremidades c y d de los ejes mayores; por consecuencia, para que haya equilibrio es preciso que los espesores eléctricos en c y en a tengan la misma relacion que los rádios vectores nc y na. Las tensiones en los mismos puntos son entre sí como los cuadrados de nc y na; luego si nc le suponemos igual á 100 veces na, la presion en el punto c será 10000 veces mayor que en a.

Por último, si empleamos en estos experimentos un cono conductor, la electricidad se distribuirá de una manera análoga, aumentando el espesor eléctrico desde la base al vértice, en cuyo punto es tan considerable la tension que vence la resistencia del aire.

De lo dicho resulta, que podemos considerar una punta muy aguda como el polo de un elipsoide de revolucion muy prolongado, en el cual acumulándose el fluido eléctrico adquiere una tension capaz de vencer la resistencia del aire, y de aquí la *influencia de las puntas*, y su aplicacion á la construccion de los pararayos, descubiertas por Franklin antes que se explicasen teóricamente.

301. Los pararayos son grandes varillas metálicas, colocadas en lo alto de los edificios, y que comunican con la tierra por conductores de la misma naturaleza, y sin soluciones de continuidad.

Cuando una nube cargada de electricidad pasa por su inmediacion, el pararayos se electriza por influencia. La electricidad de naturaleza contraria á la de la nube se acumula en la punta, y la otra es rachazada al depósito comun. La primera se escapa contínuamente por la punta y neutraliza las mas veces sin explosion la electricidad libre de la nube tempestuosa.

Ya hemos dicho que los pararayos deben terminar en puntas agudas; esta condicion es importante para que la influencia se extienda á la mayor distancia posible, y que pueda neutralizarse la nube antes de que se coloque á la distancia explosiva. Réstanos ahora examinar los detalles de construccion necesarios para que los pararayos llenen exactamente el objeto á que se los destina.

Es necesario que la punta no pueda oxidarse por el contacto del aire, ni fundirse fácilmente por descargas eléctricas; porque si la punta se redondea, ó por la oxidacion, ó por la fusion, atraería la nube ó provocaria las explosiones que se quiere evitar, pero que sin embargo no serian peligrosas. La punta debe, pues, ser de platino, metal inoxidable, al aire y muy difícil de fundirse. Se hace terminar la varilla de hierro, cuya longitud es de 9 metros, por otra de cobre de $0,^{m}50$, á la extremidad de la cual se suelda con plata una aguja de platino de $0,^{m}05$ de longitud.

La parte inferior de la varilla deberia estar aislada del edificio y no comunicar mas que con el conductor; pero este aislamiento seria difícil de ejecutar y conservar. Afortunadamente no es indispensable, porque la electricidad sigue siempre con preferencia los buenos conductores. Así, pues, se podrá fijar la parte inferior de la varilla á una de las piezas de la armadura del techo.

El conductor, por medio del cual comunica la varilla con el suelo, debe dirigirse por el camino mas corto, no tener soluciones de continuidad y sumergirse en un pozo, ó en un sitio húmedo, con el objeto de que la comunicacion sea mas pronta. Si el terreno fuese seco es necesario hacer descender al conductor cuatro ó cinco varas en la tierra, y rodearle de carbon calcinado, siendo preferible el coke por ser mejor conductor. Esta parte del conductor que se sumerge en la tierra debe ramificarse con el objeto de que la comunicacion con el depósito comun se extienda todo lo posible.

La varilla y los conductores deben tener dimensiones suficientes para que no puedan fundirse por descargas eléctricas. La experiencia ha demostrado que basta dar á la parte inferior de la varilla un diámetro de $0,^{m}05$, y á los conductores $0,^{m}025$.

La dificultad de formar el conductor con barras de hierro ha hecho que se reemplacen éstas con cuerdas de alambre de este metal de 7 á 8 líneas de diámetro, y para evitar la oxidacion se les cubre con una capa de brea.

Cuando el edificio contiene piezas metálicas un poco considerables, tales como canalones &c., es necesario hacerlas comunicar con el conductor, y si hay varios pararayos se establece un conductor para cada par.

Finalmente, se colocan algunas veces sobre el edificio varillas horizontales, mas ó menos inclinadas, que comunican con el conductor, y que sirven para preservar al edificio de la accion de nubes tempestuosas que los vientos pudieran arrojar sobre sus paredes.

La distancia á que un pararayos extiende su accion no es exactamente conocida, y depende de varias circunstancias locales; sin embargo, segun las observaciones de Charles, una varilla aguda protege contra el rayo un espacio circular, cuyo rádio es doble de su altura. Si el edificio tiene grandes dimensiones es necesario colocar varios pararayos, y su distancia debe ser cuatro veces mayor que su altura. Cualquiera que sea el número de pararayos colocados sobre un edificio, se los fija estableciendo una comunicacion íntima entre los pies de todas las varillas por medio de barras de hierro de las mismas dimensiones que los conductores.

LECCION LXXX.

Electricidad atmosférica; sus orígenes.—Fenómenos que produce.—Granizo.

302. Estudiados ya los violentos efectos producidos por las descargas de las baterías eléctricas, no deben admirarnos los que producen los rayos en las grandes tempestades, puesto que son debidos, como los de las baterías, á una fuerte descarga eléctrica,

La identidad del rayo con la electricidad fué sospechada á un mismo tiempo por varios físicos; pero Franklin, despues de observar el efecto de las puntas, sospechó que una varilla de hierro, colocada sobre un edificio, podria extraer la electricidad de los nublados.

Dalibard fué el primero en Francia que comprobó esta conjetura, haciendo construir una cabaña que tenia una varilla de hierro de 17 pies de longitud, aislada por la parte inferior. Cuando pasó por cerca de esta cabaña una nube tempestuosa dió la barra chispas muy vivas aproximando un cuerpo conductor, con las cuales se cargaron botellas de Leyden; y se observó que la electricidad de la nube era enteramente igual á la que se producia con la máquina eléctrica, y que unas veces era positiva y otras negativa.

Poco tiempo despues Franklin, que ignoraba los experimentos de Dalibard, construyó una cometa armada con una punta en su extremidad, y la lanzó cerca de Filadelfia á una nube tempestuosa.

El primer indicio de electricidad que obtuvo fué la elevacion de los filamentos de cáñamo esparcidos por la torsion de la cuerda; pero luego que una ligera lluvia mojó la cuerda de cáñamo y aumentó su conductibilidad, pudo, aproximando un dedo á la cuerda, sacar chispas vivísimas, con las cuales inflamó el alcohol y cargó botellas de Leyden.

En la misma época Romas, que cultivaba la física en Lila, lanzó hácia una nube tempestuosa una cometa cubierta de tafetan, de siete pies y medio de largo sobre tres de ancho, armada de una varilla de hierro puntiaguda; la cuerda estaba entretejida con un hilo metálico hasta cierto punto, y el resto era un cordon de seda destinado á preservar al observador que la tenia en la mano. Se sacaron chispas de diez pies de longitud aplicando un excitador aislado con dos mangos de vidrio, y de dos piés de largo, haciendo comunicar una de sus extremidades con el suelo.

Todos estos experimentos son sumamente peligrosos, habiendo producido violentas conmociones á varios físicos, y la muerte al célebre Richman, profesor de física en San Petersburgo.

303. No solamente las nubes están frecuentemente cargadas de electricidad, sino que el aire atmosférico lo está tambien aun en los dias serenos. El aparato que comunmente se usa para reconocer la electricidad de la atmósfera se roduce á un electróscopo de pajas ó panes de oro armado de una varilla metálica bastante larga y terminada en punta, y cuya campana está graduada de manera que permite medir la divergencia de los conductores móviles.

Los experimentos hechos por Saussure, Gay-Lussac y Arago con este aparato han dado los resultados siguientes.

Cuando el cielo está sereno existe siempre en la atmósfera un esceso de electricidad positiva libre. Esta electricidad no empieza á ser sensible en campo raso, sino á tres ó cuatro pies sobre el nivel del terreno, aumentando de intensidad á medida que nos elevamos en la atmósfera. Se demuestra esto último atando á la varilla del electróscopo por medio de un hilo de seda recubierto de oropel el hierro de una flecha, y lanzando ésta en la direccion vertical. A medida que la flecha se eleva se observa un aumento de divergencia en los panes de oro del electróscopo. Si la flecha se lanza horizontalmente la divergencia no tiene lugar de una manera sensible, lo que prueba que el efecto obtenido en el primer caso proviene de la electricidad atmosférica, y no del rozamiento de la flecha contra el aire, como pudiera creerse.

La electricidad positiva de la atmósfera en los dias serenos experimenta variaciones diurnas en su intensidad, siendo mas fuerte en invierno que en estío. Saussure ha observado tambien que la electricidad es mas abundante en los sitios elevados, y nula en las casas, en las calles, sobre los árboles, en los patios, y en general en los sitios abrigados; pero que ya es sensible sobre los puentes y plazas de las ciudades. Finalmente, en tiempos tempestuosos la electricidad del aire cambia á cada instante de signo y de intensidad.

304. Las circunstancias que contribuyen á la produccion de la electricidad atmosférica son la evaporacion y la vegetacion. En efecto, Pouilet ha demostrado que la evaporacion del agua pura no altera jamas el equilibrio de los fluidos eléctricos; pero si este líquido contiene en disolucion sustancias extrañas, como ácidos, álcalis ó sales, aun en cantidades pequeñas, al desprenderse el vapor acuoso arrastra consigo una cantidad de electricidad libre, la cual puede hacerse sensible por medio del electrómetro condensador. Esta electricidad es siempre positiva si la disolucion es ácida ó salina, y negativa si la disolucion es alcalina, en tanto que el