

VI.

Resultados de los experimentos reseñados: la electricidad reina constantemente en la atmósfera.

Sucede con frecuencia, que cuando los físicos estudian por medio de experimentos algun hecho importante destinado á derramar gran luz sobre la ciencia, sus esfuerzos quedan recompensados, no solo por los resultados directos que obtienen, sino por el descubrimiento de fenómenos cuya existencia tal vez ni siquiera habian sospechado. Esto es lo que aconteció con respecto á la electricidad atmosférica. Las investigaciones que sobre esta se hicieron, al mismo tiempo que pusieron fuera de duda la existencia de la electricidad en las nubes tempestuosas, comprobaron tambien que la atmósfera se halla casi siempre mas ó menos cargada de electricidad positiva ó negativa. El P. Beccaria y M. Tiberio Cavallo fueron los que mas se distinguieron en este género de observaciones. El dia 2 de Setiembre de 1775, hallándose el tiempo muy cubierto y soplando con fuerza el sud, Tiberio Cavallo arrojó su cometa eléctrica, cuya cuerda tenia seiscientos piés de largo; la electricidad de la atmósfera era negativa y bastante intensa. El 14 del mismo mes la cuerda manifestó electricidad positiva y muy fuerte, el aire estaba frio y se acumulaban gruesas nubes en el zenit, el viento norte soplabá con violencia. El 25 por la mañana la electrici-

dad positiva era muy débil, pero hácia las nueve de la noche se hizo bastante intensa: el tiempo estaba sereno y caliente. El 18 de Octubre, habiendo llovido toda la noche y la mayor parte de la mañana, aclaró un poco el tiempo despues de mediodia. La cometa lanzada á la atmósfera en este estado, reinando viento de oeste con un calor moderado, dió señales de electricidad positiva bastante fuerte: á las cuatro de la tarde la electricidad positiva desapareció enteramente, presentándose á los tres minutos la negativa. Cavallo verificó, además de las indicadas, una série de observaciones, de las cuales se desprende con toda evidencia:

1.º Que la atmósfera se halla casi siempre en estado eléctrico mas ó menos intenso, cualquiera que sea su estado meteorológico.

2.º Que esta electricidad es mas veces positiva que negativa.

3.º Que la electricidad es mas intensa en las regiones superiores de la atmósfera que en las inferiores.

Aunque nos sería fácil aducir otras muchas pruebas para manifestar que el rayo con todos sus fenómenos y efectos, es debido á la electricidad desarrollada en las nubes tempestuosas, creemos que los resultados de las experiencias y observaciones que acabamos de reseñar son mas que suficientes para convencer de esta verdad al hombre mas escéptico. Empero, ¿cuál es el modo con que esa electricidad dá origen al rayo con sus complicados fenómenos? ¿Cuál es su naturaleza? ¿Cuál su origen? ¿Cuál su modo de accion? ¿Por qué el rayo se dirige con preferencia sobre algunos cuerpos? ¿Cómo se explica el ruido del trueno y el vivísimo resplandor del relámpago? ¿Por qué en unos climas son mas frecuentes estos fenómenos que en otros? Las dificultades que encuentra la física para resolver satisfactoriamente no pocas de estas cuestiones, prueban claramente que no siempre la conviccion

de la existencia de un agente en la naturaleza lleva consigo el conocimiento completo de su modo de accion y de los fenómenos que de él dependen. Así es que si bien los físicos se hallan de acuerdo en reconocer la electricidad desarrollada en las nubes tempestuosas como el origen y causa del rayo, del relámpago y del trueno, no sucede lo mismo cuando se trata de precisar, por decirlo así, esta cuestion, y dar razon de los variados fenómenos que nos ofrece el rayo por parte de su origen, de sus manifestaciones y de sus efectos. Esto no obstante, es innegable que merced á los rápidos progresos y brillantes descubrimientos que se han hecho y se hacen cada dia en esta parte de la fisica, nos hallamos en estado de resolver satisfactoriamente algunas de las cuestiones indicadas, y con respecto á las otras, de presentar conjeturas mas ó menos probables, y hasta formar ideas mas exactas de esta clase de fenómenos que las que tuvieron, no ya solo los antiguos filósofos, sino aun los que al principio descubrieron que el rayo era una manifestacion de la electricidad de las nubes tempestuosas. Hé aquí lo que al presente vamos á ensayar, estableciendo antes las nociones generales que deben conducirnos en estas investigaciones, y las leyes que nos servirán de principios fundamentales en la deduccion lógica de las consecuencias.

VII.

Sobre la existencia de dos especies de electricidad.

Como los fenómenos eléctricos que tratamos de explicar, tienen mas relacion con la electricidad estática ó en reposo, que con la dinámica ó en movimiento desarrollada en las pilas especialmente por corrientes hidro-eléctricas y termo-eléctricas, las nociones y principios que vamos á recordar se refieren en su mayor parte á la primera de las dos electricidades.

Si se suspende de un pié de vidrio un hilo de seda del cual penda una esferita de corazon de sauco, en cuanto se aproxima á esta esfera un tubo de vidrio electrizado por el roce, este tubo atrae hácia sí la esfera de sauco, y despues de haberle comunicado su electricidad mediante el contacto, repele la esferita; pero si se acerca á la esfera electrizada por el vidrio una barra de resina electrizada, será vivamente atraida por la resina, al paso que el tubo de vidrio electrizado ejercerá á su vez grande atraccion sobre el sauco, al cual la resina haya comunicado su electricidad. Si dos péndulos semejantes al descrito se colocan próximos el uno al otro, se repelerán mutuamente desde el momento que se les toque con el vidrio electrizado, pero si mientras el uno está tocado por el tubo de vidrio, el otro lo es por la resina, resultará entre los dos una poderosa atraccion. Luego la electricidad

se conduce en los cuerpos como si fuese un fluido doble, ó mejor dicho, existen dos especies de electricidad, una llamada *vítrea* y otra *resinosa*, cada una de las cuales repele á su semejante y atrae la contraria. La vítrea se llama tambien electricidad *positiva ó en mas*, y la resinosa *negativa ó en menos*, aunque estas últimas denominaciones corresponden á la teoria de Franklin, que solo admite una especie de electricidad. Sobre esta distincion de las dos electricidades se halla basada la hipótesis de Simmer, admitida al presente por los físicos (1), y que se presta con suma sencillez á la explicacion de los fenómenos de la electricidad estática.

Segun esta teoría, la electricidad vítrea ó positiva, y la resinosa ó negativa se encuentran reunidas en todos los cuerpos: mientras estos dos fluidos permanecen combinados dentro del cuerpo, se neutralizan recíprocamente y constituyen el fluido neutro y el estado natural de los cuerpos, en el cual no se manifiestan los fenómenos eléctricos; pero si se separan los dos fluidos, el cuerpo se dice electrizado con electricidad vítrea, si este fluido prepondera sobre el resinoso, y con electricidad negativa ó resinosa si sucede lo contrario. Infiérese de esto, que dos cuerpos cargados de electricidad contraria se atraen mutuamente, y por el contrario, se repelen si tienen la misma especie de electricidad, consecuencia importante que sirve de base para la explicacion de muchos fenómenos eléctricos.

La experiencia demuestra que hay algunos cuerpos que se electrizan por medio del roce ó frotamiento, al paso que otros no dan señal alguna de electricidad, por mucho que se les sujete á este procedimiento. A la primera clase pertenecen el

(1) Téngase presente que esto se escribia en 1858.

vidrio, la resina, el ambar amarillo, el azufre, la seda, gutapercha, el carbon sin calcinar, los aceites, el talco hojoso, el diamante, la esmeralda con la mayor parte de las piedras preciosas: pertenecen á la segunda los metales, el carbon de madera calcinado, el cuerpo humano, los animales, los vegetales, el agua en estado de líquido y de vapor, las disoluciones salinas, etc. De aquí la division de todos los cuerpos de la naturaleza, relativamente á la electricidad, en cuerpos *ideo-eléctricos*, que se electrizan por rozamiento, y cuerpos *an-eléctricos*, incapaces de electrizarse por este medio; pero si los cuerpos an-eléctricos no pueden recibir electricidad por rozamiento, tienen la propiedad de electrizarse cuando se ponen en comunicacion con un cuerpo ya electrizado. Si se toca con una barra de metal un tubo de vidrio frotado, ó el disco de la máquina eléctrica, la electricidad se difunde instantáneamente por toda su superficie; pero si en lugar de tocar el disco electrizado de la máquina con una barra de metal, se le toca con una barra de resina ó vidrio, la electricidad se manifestará únicamente en el extremo ó parte por la cual se verificó el contacto, sin difundirse por lo restante de la superficie. Esta propiedad que tienen los metales de transmitir y propagar por toda su superficie la electricidad luego que se ponen en contacto por alguno de sus puntos con otro cuerpo electrizado actualmente, se expresa diciendo que los metales y demás cuerpos eléctricos *conducen bien la electricidad*, y de ahí la denominacion de *buenos conductores*, así como los cuerpos ideo-eléctricos se llaman *malos conductores*. Es de advertir, sin embargo, que aun los cuerpos ideo-eléctricos se hacen mas ó menos conductores cuando se humedecen: por eso el aire, aunque pertenece á la clase de los malos conductores, deja de serlo cuando se humedece. El vidrio, la resina y demás cuerpos ideo-eléctricos reciben tambien la denominacion de *aislantes*, por razon de la propiedad que

tienen de impedir la transmision del fluido de los cuerpos electrizados á la tierra que es su reservorio comun.

Si se electriza un cuerpo aislado, sea positiva ó negativamente, la electricidad se acumula en su superficie, formando como una capa mas ó menos gruesa alrededor del cuerpo. El esfuerzo que hace esta electricidad libre acumulada en la superficie del cuerpo para escaparse á través del aire que se lo impide por razon de su poca conductibilidad, es lo que se llama tension eléctrica, tension que aumenta con el espesor de la capa. La forma de los cuerpos influye poderosamente en la distribucion del fluido eléctrico en su superficie, de manera que si el cuerpo es perfectamente esférico, el grueso de la capa de electricidad acumulada en su superficie será igual en toda su estension; pero á medida que el cuerpo se aparta mas de la forma esférica, varía el espesor de la capa eléctrica en los diferentes puntos de su superficie. Así en un elipsoide prolongado ó en un cuerpo anguloso ó terminado en punta, la electricidad desarrollada no se distribuye uniformemente por la superficie, sino que, obedeciendo á su propia repulsion, se dirige hácia las partes agudas ó angulosas formando en ellas una capa de mayor grosor que en los demás puntos de la superficie. Esta ley de distribucion de la electricidad en la superficie de los cuerpos sirve para explicar lo que se llama *poder de las puntas*, que no es otra cosa que la propiedad que tienen los cuerpos conductores, principalmente los metales terminados en punta, de dejar escapar á través del aire el fluido eléctrico; porque acumulándose la electricidad hácia el extremo puntiagudo, segun lo que acabamos de exponer, la capa eléctrica adquiere allí un máximo de espesor y de tension hasta vencer la resistencia que opone el aire á la salida del fluido. Esta es tambien la causa porque acercando la mano ó la cara á una punta electrizada, se siente como una especie de viento fresco y se ven

salir de la misma penachos luminosos, fenómenos producidos por la salida del fluido eléctrico por las puntas, en virtud de su mayor acumulacion y tension consiguiente.

VIII.

Electrizacion por influencia y ley fundamental de las atracciones y repulsiones eléctricas.

Hemos dicho antes, que las dos electricidades contrarias se atraen y las del mismo nombre se repelen mutuamente. Ahora añadiremos que este fenómeno, no solo tiene lugar cuando estas electricidades se hallan ya libres y separadas en dos cuerpos actualmente electrizados, sino tambien con respecto al fluido neutro, es decir, cuando las dos electricidades se hallan combinadas en el cuerpo. Como este fenómeno desempeñará un papel importante al explicar la explosion del rayo, lo haremos sensible con un ejemplo. Supongamos un cuerpo cualquiera, por ejemplo, un cilindro de metal cargado de electricidad positiva si se coloca á poca distancia de él otro cilindro semejante no electrizado, el primer cilindro obrará sobre el fluido neutro del segundo descomponiéndolo, es decir, que separará las dos electricidades contrarias que se hallaban antes combinadas y neutralizadas la una por la otra dentro del segundo cilindro, atrayendo la negativa hácia el extremo mas próximo, y repeliendo la posi-

tiva hácia el extremo mas distante. Separados de esta suerte los dos fluidos del segundo cilindro, y atraído el negativo al extremo mas próximo al foco eléctrico y repelido el positivo al extremo opuesto, resultará hácia el medio una línea ó zona en estado neutro, en la cual no se presentará señal alguna de electricidad. Luego un cuerpo electrizado descompone á distancia la electricidad natural de todos los cuerpos conductores, separando sus dos fluidos, y esto es la que se llama electrizacion ó electricidad por influencia. Una vez que la electrizacion del segundo cilindro es determinada por la influencia del foco eléctrico, siguese de aquí, que desde el momento que dicha influencia cese, se volverán á reunir y se recompondrán súbitamente las dos electricidades del segundo cilindro, puesto que ya no subsiste la causa que las mantenía separadas. No será necesario advertir que esa recomposicion instantánea de los dos fluidos contrarios del cilindro, por razon de la mútua atraccion que ejercen el uno sobre el otro desde que cesa la accion descomponente del primer cilindro, puede dar origen á sacudimientos mecánicos y efectos químicos en las moléculas ponderables del cuerpo dentro del cual se verifican esos rápidos movimientos de separacion y de reunion de las dos electricidades.

La chispa eléctrica no es mas que un resultado de la electrizacion por influencia. En efecto; la electricidad positiva del foco eléctrico, atrayendo la negativa del segundo cilindro, la acumula en su extremo mas cercano; luego cuando alguna de las dos tenga la tension suficiente para vencer la resistencia de la capa de aire interpuesta entre las dos, que les impide reunirse, saltará la chispa, ó en otros términos, el fluido negativo del segundo cilindro se escapará á través del aire para recomponerse con el positivo del primer cilindro ó foco eléctrico, pues se debe concebir que estos dos fluidos hacen esfuerzos continuamente para reunirse y combi-

narse. La distancia á que puede saltar la chispa entre el cuerpo sujeto á la influencia y el foco, depende, entre otras causas, de la tension de las dos electricidades y del estado higrométrico del aire. La chispa eléctrica, pues, no es otra cosa que la electricidad libre ó excitada ya, que sale de un cuerpo para combinarse con la de nombre contrario en virtud de su mútua atraccion.

Cuanto llevamos dicho sobre la electricidad por influencia, debe entenderse de los cuerpos buenos conductores, pues los ideo-eléctricos se electrizan dificilmente por influencia; pero una vez electrizados de esta manera retienen por mas tiempo su electricidad. Se debe advertir tambien, que el color de la luz eléctrica varia con la densidad del aire que atraviesa. En el vacío, el color de la luz, así de los penachos luminosos que salen del cuerpo electrizado, como de la chispa eléctrica, se presenta con tintas violáceas; pero á medida que se deja entrar el aire en el recipiente de la máquina pneumática, la luz eléctrica se hace mas ó menos blanquizca y disminuye de volúmen presentándose menos difusa; empero, tanto el color como la figura y magnitud de esta luz eléctrica reciben diferentes modificaciones, segun la presion y resistencia del fluido que atraviesa, y la fuerza ó tension de la misma chispa.

La ley fundamental de las acciones eléctricas puede resumirse en las siguientes palabras: «Las atracciones y repulsiones eléctricas están en razon compuesta de las cantidades de fluido, y en razon inversa del cuadrado de la distancia.» De esta ley, comprobada por la experiencia, se deduce evidentemente que entré dos cuerpos cargados de electricidad contraria, la chispa saltará á mayor distancia entre los dos, cuanto mayor sea la cantidad y tension de los dos fluidos contrarios acumulados en la superficie de los dos cuerpos, si bien es preciso tener en cuenta al mismo tiempo, la mayor ó me-

nor conductibilidad del medio aislante que se opone á la reunion de las dos electricidades.

Las nociones claras y sencillas que acabamos de exponer, indispensables, por una parte, para la inteligencia de lo que nos proponemos explicar, son suficientes, por otra, para formarse una idea de lo que son el relámpago, el trueno y el rayo con sus variados efectos. Entremos en su aplicacion á estos fenómenos.

IX.

Teoría del relámpago en general.

Haciendo abstraccion por ahora de la cuestion relativa al origen y causas de la electricidad atmosférica, cuestion cuyo exámen reservamos para mas adelante, resulta con toda evidencia de los experimentos de Franklin, Romas, Tiberio y demás que llevamos expuestos al principio de esta disertacion, no solo que la atmósfera se halla en un estado eléctrico habitual, sino que las nubes tempestuosas se hallan siempre sobrecargadas de electricidad, y esto en cantidades y tensiones superiores en mucho á las de nuestras máquinas eléctricas mas poderosas. Ahora bien; supongamos que una de esas nubes tormentosas, de una forma cualquiera, y de espesor y magnitud muy considerables, se halle cargada de electricidad positiva. Segun lo que se ha dicho sobre la electrizacion por influencia y la ley fundamental de las acciones

eléctricas, dicha nube obrará por influencia sobre los cuerpos terrestres menos distantes y mejores conductores, y descomponiendo su electricidad natural, repelerá su fluido positivo hácia el suelo ó el interior de la tierra, y atraerá el negativo á la superficie de los cuerpos sujetos á su accion descomponente. No es necesario advertir, que la cantidad y el grado de tension del fluido negativo acumulado en virtud de esta accion en la superficie superior de dichos cuerpos sujetos á la influencia de la nube, depende del grado de electricidad desarrollada en la nube tempestuosa que determina la influencia, de su menor distancia al cuerpo sujeto á esta influencia, de la mayor conductibilidad del mismo, y tambien de la naturaleza de las capas terrestres, con las cuales se halle en comunicacion dicho cuerpo; pues es evidente que si el cuerpo sujeto á la influencia de la nube electrizada, por ejemplo, un grande edificio, contiene abundancia de metales ó se halla cimentado en un terreno compuesto de capas metálicas, ó en que abunden otras sustancias buenos conductores de la electricidad, la cantidad de fluido acumulado en la superficie superior de este edificio en virtud de la influencia de la nube, será mayor, en igualdad de circunstancias, que cuando falten estas condiciones.

Luego que alguna de las dos electricidades contrarias haya adquirido la tension suficiente para vencer la resistencia del aire que media entre la nube y el cuerpo terrestre cuya electricidad resinosa se halla acumulada en la superficie superior, saltará la chispa eléctrica acompañada de esa luz deslumbradora que constituye el relámpago, como vemos que sucede en escala menor en nuestras máquinas eléctricas, cuando acercando al conductor electrizado una barra de metal ó la articulacion de un dedo, vemos brillar la chispa que salta del conductor. Así, pues, el relámpago no es otra cosa que la luz que acompaña al fluido positivo que sale de la nu-