ELECTROLOGIA.

459. *Electrología* es la ciencia que trata del *fluido eléctrico*. La palabra *electricidad* proviene de una palabra griega que significa *ambar* ó *sucino*; porque en esta resina ó betun se encontró primeramente la propiedad de que por su frotacion se *producían los fenómenos eléctricos*.

La electricidad se escita en los cuerpos por modificaciones que se les hace sufrir pasageramente, y son tanto mas singulares, cuanto sin añadir ni quitar á sus partículas ningun principio que se pueda palpar, pesar, ni tocar, ellas desenvuelven fuerzas muy poderosas, cuya influencia mecánica puede poner en movimiento cuerpos materiales. Los principales medios de producir la virtud eléctrica son el *rozamiento*, el *contacto*, y el *calor*. Por ejemplo: si se toma una barra de lacre ó azufre, un tubo de vidrio, un pedazo de ámbar ó sucino ó de una resina cualquiera que no hayan sido tocadas estas sustancias en mucho tiempo, y se aproximan á algunas partículas de papel, paja ú otros cuerpecillos ligeros, estos no sufrirán ninguna impresion; pero si ántes de hacer esta prueba se frota con suavidad y viveza el tubo de vidrio, la barra de lacre ó el pedazo de ámbar ó resina cualquiera con una tela de lana ó una piel de gato bien seca, y se aproxima despues á pequeños cuerpos ligeros, se les ve á estos volar hácia dichas sustancias. Si despues de haberlos frotado, les aproximamos la mano ó la cara, se percibe á cierta distancia una sensacion igual á la que producirían telas de araña; y si se tocan con el dedo ó con una bola de metal, se oye el chasquido de una chispa que se lanza sobre el cuerpo que se le presenta. Este efecto se hace mas sensible, sustituyendo al tubo un grueso globo de vidrio ó de resina, ó un cilindro ó un platillo de vidrio que se estrecha por cojinetes fijos, y que se hace girar circularmente por medio de un manubrio: este aparato es lo que

se denomina *máquina eléctrica;* las cuales se construyen en el dia, de modo que sus efectos son bastante intensos.

460. Todas las sustancias vítreas y resinosas producen estos fenómenos en diversos grados. Tambien se obtienen con telas de seda, pero no surten del todo su efecto con los metales. Si una barra metálica se tiene en una mano, y se frota con la otra con una piel de gato ó tela de lana, no da ninguna señal de electricidad; pero si la misma barra se fija á un tubo de vidrio ó de resina bien seca, y se frota con la piel de gato ó con una tela de lana, pero sin que le toque nada mas que el cuerpo con que se les frota, adquiere todas las propiedades eléctricas. El mismo efecto se consigue si se le sacude con una piel de gato despues de suspendida de cordones de seda, ó si para sujetarla se envuelve la mano con algunos dobleces de una tela de seda; pero en el momento en que se toque á la barra con el dedo ó con un pedazo cualquiera de metal pierde enteramente sus propiedades.

Si el metal no adquiría al principio las propiedades eléctricas por el rozamiento, no era por no recibirlas, sinó porque no puede conservarlas; pues que cuando las posée, se le quitan tocándole con el dedo ó con otro pedazo de metal. Así, cuando se tomaba en la mano para frotarle, la electricidad que se desenvolvía en él, debía perderse al mismo tiempo.

Pero se ha hecho sensible cuando el metal se suspende en el aire por apoyos de vidrio, de seda, ó de resina; luego esta es una prueba de que estas diversas sustancias resistían al paso de la electricidad; y en efecto esta no se esparce rápidamente de un estremo á otro de una cinta de seda, de un tubo de vidrio, ó de resina; porque cuando estos cuerpos están electrizados por el rozamiento, si se les toca en un parage, se despoja solo esta parte de las propiedades eléctricas, y subsisten aun en todo el resto. Esta es la razon porque se pueden electrizar estos cuerpos por el rozamiento, teniéndolos en la mano por uno de sus estremos.

461. Por esta causa se dividen los cuerpos de la naturaleza en dos grandes clases, segun *trasmiten* ó no *trasmiten* libremente la electricidad. A los que la trasmiten ó le dan paso, se les caracteriza con el nombre de *conductores* ó *idioeléctricos*, y á los que no la trasmiten, se les llama *no conductores*, ó *aneléctricos*, ó cuerpos *aislantes*, porque sirven para aislar á los otros de toda comunicacion con los conductores.

El aire atmosférico es de la clase de los cuerpos *no conductores;* porque si él diese paso libre á la electricidad, ningun cuerpo que estuviese sumergido en él podría producir fenómenos eléctricos durables; y se advierte que un tubo de vidrio ó de resina frotado, conserva sus propiedades eléctricas por mucho tiempo, aunque esté rodeado de aire. Al contrario, el agua es un buen conductor; pues si se moja con este líquido, ó solo con su vapor, un tubo de vidrio ó de resina electrizado por rozamiento, pierde al instante toda su virtud. Tambien el vapor acuoso suspendido en el aire, altera las propiedades aislantes de este fluido.

No hay ninguna relacion constante entre el estado de los cuerpos y su facultad conductriz. Entre los cuerpos sólidos, los metales *trasmiten* perfectamente la electricidad; pero las gomas y las resinas secas no la trasmiten. Casi todos los líquidos son buenos conductores, sin embargo el aceite es un conductor muy imperfecto. La cera fria y el sebo conducen mal la electricidad, y derretidas la conducen bien. La facultad conductriz se observa en los estados mas opuestos, por ejemplo, en la llama del alcool y en el hielo. La temperatura de los cuerpos parece no tener ninguna influencia sensible sobre las chispas eléctricas que de ellos emanan. Las que se sacan del hielo no son frias, y las que salen de un hierro enrojecido al fuego, no parece por esto que queman mas.

El aire y los gases secos, ademas de la propiedad aislante que poseen, parece que tienen la facultad de retener

la electricidad en la superficie de los cuerpos por su fuerza de presion.

Los cuerpos se electrizan tambien por *comunicacion* poniéndolos en contacto con los electrizados.

Se deben distinguir dos géneros de electricidades: la una análoga á la que desenvuelve el vidrio frotado por una tela de lana, y que se llama *electricidad vítrea;* y la otra semejante á la que ofrece la resina igualmente frotada con una tela de lana, la cual se llama *electricidad resinosa;* y se observa constantemente, que *los cuerpos cargados de electricidad de la misma naturaleza, se rechazan mútuamente; y los que están cargados de electricidad de naturaleza diferente, se atraen.*

Comparando este resultado con lo espuesto (§§ 408 y 436), tenemos aquí un hecho general, que comprende al mismo tiempo *la tendencia á la combinacion de las moléculas, y á su separacion ó dilatacion*: por lo cual, parece que la *electricidad* es la fuente comun de las *afinidades*, y del *calórico*, viniendo á ser de este modo la espresion mas general de estos hechos, que, en virtud de lo que acabamos de esponer, pueden considerarse como procedentes de una causa única.

462. La naturaleza de la electricidad desenvuelta por el rozamiento de un gran número de sustancias, no tiene nada de absoluto, y depende tanto de la especie del cuerpo frotante como de la del frotado. Por ejemplo, el vidrio pulido, frotado con una tela de lana, toma la electricidad vítrea; y frotado con una piel de gato adquiere la electricidad resinosa. La seda frotada con la resina toma la electricidad resinosa; y frotada con el vidrio pulimentado, toma la electricidad vítrea.

Lo mismo sucede á otras sustancias: notándose que no hay ninguna relacion aparente entre la naturaleza ó la constitucion de las sustancias, y la especie de electricidad que desenvuelven, siendo frotadas las unas con las otras; la sola ley general que se ha encontrado en estos fenómenos,

es que *el cuerpo frotante y el frotado adquieren siempre electricidades diversas, la una resinosa y la otra vítrea.*

El rozamiento de los líquidos y de los fluidos contra los cuerpos sólidos desenvuelve tambien la electricidad. El rozamiento no es el único modo de desenvolver la electricidad, aunque sea el mas comun. Se desenvuelve al calentar los cuerpos y al fundirse, y al combinarse las unas sustancias con las otras.

Las fuerzas eléctricas siguen, como la atraccion celeste, la razon inversa de los cuadrados de las distancias.

463. Hay instrumentos por cuyo medio se miden las mas pequeñas cantidades de electricidad, y se llaman *electróscopos;* consisten en suspender de un hilo de seda, tal como sale del capullo, de unas cuatro pulgadas de largo, una aguja de un pequeño hilo de goma laca, de lacre ó de cristal, de unas doce ó catorce líneas de largo, terminada en uno de sus estremos por un pequeño círculo de hojuela de oro ó de plata; si este aparato se electriza y se aproxima á otros cuerpos, se le ve oscilar; y por la naturaleza de estas oscilaciones se viene en conocimiento de las cantidades de electricidad.

En la naturaleza no existe probablemente sustancia perfectamente aislante, porque no se conoce ninguna que no propague al menos sobre su superficie una fuerte electricidad; el vidrio, el lacre, la misma goma laca la trasmiten de esta manera; difícilmente á la verdad, pero de un modo sensible.

Los principios de las dos electricidades existen naturalmente en todos los cuerpos conductores en un estado de combinacion que los neutraliza, y esto es lo que llamamos *el estado natural de los cuerpos;* y la que se acumula en algun cuerpo proviene de la tierra; por lo que se dice que *el Globo terrestre es el depósito comun de la electricidad.*

Hay otras clases de *electróscopos*, que igualmente todos están fundados en el principio general de la repulsion que se ejerce entre cuerpos cargados de electricidades iguales;

y su sensibilidad depende de la tenuidad y libertad de los cuerpos que se empléan para manifestar esta repulsion.

Los *electróscopos* se caracterizaban ántes con el nombre de *electrómetros;* pero esta denominacion es impropia, porque quiere decir *medida de electricidad*, y la palabra *medida* se debe reservar para los instrumentos cuyas divisiones miden inmediatamente los efectos á que se aplican, es decir, que son proporcionales á estos efectos; y esta proporcionalidad está bien lejos de existir en los electróscopos.

464. De todas las circunstancias que se verifican en los fenómenos eléctricos, se puede concluir con suficiente fundamento, que *cuando se frotan juntas las superficies de dos cuerpos, aquella cuyas partículas integrantes se separan menos las unas de las otras, y hacen escursiones menores al rededor de sus posiciones naturales de equilibrio, parece que están mas dispuestas á tomar la electricidad vítrea;* y esta tendencia aumenta si la superficie sufre una compresion pasagera. Recíprocamente, *aquella de las dos superficies, cuyas partículas se hallan mas separadas, está mas dispuesta á tomar la electricidad resinosa.* Esta tendencia aumenta si la superficie sufre una verdadera dilatacion.

Miéntras mas fuerte es esta oposicion de circunstancias, mas enérgico es el desarrollo de la electricidad sobre las dos superficies. Se debilita á medida que su estado viene á ser mas semejante. Una igualdad perfecta, si pudiese existir, le haria nulo.

En general, cuando uno de los cuerpos frotados es un tegido de fibras animales ó vegetales, tal como una cinta de seda, una tela de lana ó un pedazo de papel seco, el mejor cuerpo con que se debe frotar, debe ser aquel sobre el cual estos tegidos solo pueden producir una compresion general y pasagera. Tambien enseña la esperiencia que en este caso nada es preferible á una piel con su pelo.

Pero cuando las sustancias animales ó vegetales que se frotan, se dilatan ambas con el rozamiento, la especie de electricidad que toma cada una de ellas depende de lo que

se prolonguen mas ó menos sus poros; y entonces las mas ligeras modificaciones en el estado de la una ó de la otra pueden determinar resultados opuestos.

465. Se da el nombre de *condensador* á un aparato, por medio del cual se puede reunir una gran cantidad de electricidad, y está representado en la (fig. 135); se compone de dos platillos A y B, de materias que sean buenos conductores, y que están cubiertos por los parages por donde se han de poner en contacto, con una simple capa de barniz resinoso aplicada separadamente sobre cada platillo. El pié sólido de B es de metal, y se adapta sobre la superficie superior de A un mango aislante M de vidrio barnizado. Cuando se quiere hacer uso de él, se ponen los platillos el uno encima del otro; se toca al inferior B para hacerle comunicar con el suelo; despues se tocan los cuerpos electrizados con el boton *a* de un hilo metálico, unido fijamente al platillo superior A, que se llama el platillo *colector*, porque en efecto él es el que toma la electricidad de los cuerpos á que se aplica.

Despues del contacto se pone el pié del condensador sobre una tabla sólida, y conservándole fijamente unido á ella, se quita el platillo colector y se prueba la electricidad de que se ha cargado.

Los aparatos que sirven para tomar la electricidad de un cuerpo y llevarla á otro, se llaman *electróforos*. El condensador y el electróforo están fundados sobre la accion eléctrica ejercida á cierta distancia.

466. Uno de los medios mas poderosos de acumular la electricidad es la *botella de Leiden*, que ha tomado este nombre de la ciudad en que *Musquembroeck* observó por primera vez sus propiedades *. Consiste en una botella ó frasco de vidrio, á cuyo esterior se adapta una cubierta

* Como *Musquembroeck* ha contribuido tanto para el adelantamiento de la Física, en mis viages por Francia, Inglaterra y Holanda, me detuve en *Leiden* para reconocer las máquinas, de que hizo uso dicho sabio, y me resultó mucha satisfaccion el hacer yo con ellas algunos esperimentos.

delgada de metal, y cuyo interior está lleno de hojas metálicas, bien sea adaptadas á la misma botella, ó simplemente diseminadas. Una vara metálica que termina por fuera en un boton, pasa por el tapon de la botella y sirve para llevar la electricidad á lo interior.

Cuando se quiere acumular mucha electricidad, se forman botellas de Leiden con grandes jarros de vidrio, que se revisten de hojas metálicas sobre sus dos superficies, y se hacen comunicar todas las varas de estas mismas botellas con un mismo conductor metálico, por medio del cual se consigue su descarga simultánea; este aparato se llama *batería eléctrica*.

Desde que se descubrió la botella de Leiden y las baterías eléctricas, los efectos de la electricidad acumulada por estos aparatos, se hallaron tan semejantes á los del rayo, que se sospechó esta analogía. *Franklin* fué el primero que habiendo reconocido el poder de las puntas metálicas para descargar los cuerpos electrizados, concibió la posibilidad de emplear este medio para hacer sensibles los efectos de la electricidad atmosférica, y preservarse de sus esplosiones; de dónde ha venido el uso de los *pararayos*, que consisten en una ó mas varas metálicas, que se ponen al lado de los edificios, profundizando bastante en el terreno y terminando en puntas; esta barra debe subir hasta mas arriba del edificio, y su efecto se reduce á que cuando una nube cargada de electricidad pasa por encima, la punta de la barra metálica sirve para descargar la nube de electricidad, y la conduce al depósito comun que es la tierra. Para que estén bien construidos los pararayos se necesitan dos circunstancias indispensables. La 1ª es, que *esté bien establecida la comunicacion con el suelo y entre las diversas barras metálicas de que se compone el aparato*. Sin esta precaucion sería inútil, y aun perjudicial. La 2ª condicion es, que *las barras metálicas que sirven de conductores, no tengan menos de una pulgada de diámetro;* porque si tuviesen menos, podrían ser fundidas ó volatilizadas, como

los hilos metálicos sometidos á la descarga que sale de las baterías eléctricas; y entonces no hallando paso abierto la electricidad restante, se escaparía con esplosion.

La punta de los pararayos debe ser de platina; porque es el metal que estando puro se funde y se oxida con mas dificultad.

Para que la comunicacion con el suelo esté bien establecida, es necesario que los mismos conductores se introduzcan en la tierra hasta que encuentren humedad; por lo que será muy bueno el que vayan á parar á algun depósito de agua; pero en todos los casos es necesario que esta prolongacion subterránea se separe del edificio que se quiere libertar.

Por medio de la electricidad se pueden volatilizar los metales, como sucede con el oro; y en el dia es uno de los agentes mas poderosos que usa la Química, para la descomposicion y recomposicion de los cuerpos.

467. El desarrollo de la electricidad por el simple contacto, ofrece el contraste de un gran descubrimiento debido á la casualidad, y de un descubrimiento mayor aun, obtenido directamente y conducido á su último término de perfeccion por los esperimentos é investigaciones mas rigurosas.

Las primeras observaciones exactas de este género se hicieron en 1789. *Galvani*, Profesor de Física en Bolonia, hacía investigaciones sobre la escitabilidad de los órganos musculares por la electricidad; empleaba en estas pruebas ranas muertas y desolladas, en que habia descubierto los nervios lumbares como representa la (fig. 136). Para poderlas manejar fácilmente, habia pasado en la porcion restante E de la columna dorsal un hilo de cobre encorvado. Por una casualidad suspendió un dia muchas ranas muertas por estos ganchos de cobre á un balcon de hierro; al instante sus piés y sus piernas, que se apoyaban tambien en parte sobre este hierro, entraron en convulsion espontánea, y el fenómeno se repitió tantas veces como se reiteró el contacto. *Galvani* percibió toda la importancia de este fenómeno; y *Volta* hizo despues muchas aplicaciones útiles.

468. Se puede hacer con mucha facilidad un esperimento, que es muy propio para manifestar la influencia del contacto de los metales heterogéneos sobre los órganos animales. Se toman dos piezas de metales diferentes (lo mejor es que el uno sea plata ó cobre, y el otro zinc), se pone una de estas piezas encima de la lengua, y la otra debajo, de modo que sobresalgan un poco hácia adelante. Miéntras que estas piezas no se toquen, no se recibe ninguna sensacion particular; pero cuando se ponen en contacto, se escita un sabor de todo punto análogo al del sulfate de hierro ó caparrosa.

Poniendo en contacto dos metales, por ejemplo el zinc y el cobre, encima de estos un cuerpo conductor como el agua salada, y despues los mismos metales, y así sucesivamente, se tiene la *pila* que se suele llamar *galvánica ó voltáica*, que es uno de los medios mas admirables, y de que se hace un uso muy contínuo é importante en la Física, en la Química y en la Medicina. El mejor medio de formar esta pila es soldar dos planchas, la una de zinc y la otra de cobre; se ponen siempre de manera que un mismo metal caiga debajo, y entre cada pieza se coloca un pedazo de paño ó bayeta mojado en agua salada; y por este medio se hacen unas descargas eléctricas tan considerables como el de las mas fuertes baterías eléctricas. El primer fenómeno químico que se efectuó en la pila fué el de la descomposicion del agua, y despues se han descompuesto muchos cuerpos que ántes se consideraban como simples. La mayor batería y la mas fuerte que se conoce, es la que se halla en la Escuela Politécnica de Paris; contiene 600 pares de placas de á unas 15 pulgadas cuadradas; esta batería, y en general todas las que tienen grandes superficies, no están construidas en pila, sinó puestas verticalmente y paralelas unas á otras en cajas horizontales de madera, cuyo interior está cubierto con un unto aislador. Las pilas compuestas de placas anchas, son capaces de producir cantidades de electri-

cidad bastante considerables para inflamar muchas pulgadas de alambre, como lo han conseguido *Hachette*, y *Thenard*. Mr. *Faraday*, usando del *galvanómetro*, acaba de probar en el año anterior de 1834, que *el agua pura, que goza medianamente* del poder conductor en el estado líquido, lo pierde de todo punto en el estado sólido ó de hielo.

Terminarémos este punto indicando un descubrimiento de Sir Humphry Davy. El agua del mar ejerce una accion corrosiva sobre las planchas de cobre con que se forran los buques; y dedujo teóricamente un medio muy simple de prevenir este efecto. Se reduce *á poner en contacto con una hoja de cobre de gran superficie un fragmento muy pequeño de zinc ó de hierro*. Este contacto muda el estado eléctrico del cobre; y por esto mismo hace cesar la accion mútua de esta sustancia y del agua del mar. Sin embargo de las favorables esperanzas que se concibieron al principio, no ha tenido el mejor suceso, y se ha recurrido á forrar los bajeles con bronce.

Al concluir esta materia, debemos indicar, que Mr. *Poisson*, aplicando el cálculo á los fenómenos eléctricos, ha deducido fórmulas generales que representan los hechos observados con gran exactitud. Esta feliz conformidad entre los resultados de la esperiencia y los del cálculo, ilustrando tanto al Físico como al Matemático, ha demostrado que se posée ya una *Estática eléctrica*. Mr. *Ampére*, siguiendo un rumbo semejante, y apoyándose en los descubrimientos de *Oersted*, y en otros que le son propios, ha echado las bases de la *electricidad dinámica*.

MAGNETOLOGIA.

469. Muchos minerales de hierro, en que este metal se halla poco oxidado, poseen la singular propiedad de atraer

el hierro por una fuerza invisible. Muchas veces esta atraccion es tan débil, que es necesario emplear procedimientos muy delicados para descubrirla; pero en algunas ocasiones es tan enérgica, que eleva pesos considerables. Entónces el mineral toma el nombre de *iman*, y el de *magnetismo* los fenómenos de atraccion que produce, llamándose *fluido magnético* la causa ó potencia que produce estos efectos, y *Magnetología* la ciencia que tráta de indagar sus propiedades.

Si se pasa un iman por encima de limaduras de hierro, y despues se le retira, se advierte que no se fijan igualmente á todos los puntos de su superficie, sinó que se aumentan principalmente en dos partes opuestas N, S, (fig. 137), en que se mantienen las limaduras erizadas.

Estos parages se llaman los *polos* del iman; y cada polo, presentado á cierta distancia á las limaduras de hierro, las atrae. Si se suspende horizontalmente una pequeña aguja de hierro ó de acero á un hilo de lino, de seda ó de cualquier otra materia flexible, de modo que tenga plena libertad en sus movimientos, cada polo del iman la atrae del mismo modo, y podría hacerla oscilar al rededor de su centro.

Aunque los fenómenos magnéticos tienen cierta analogía con los eléctricos, no se puede suponer que proceden de la misma causa; pues el magnetismo se ejerce indiferentemente á traves de las sustancias conductoras ó no conductoras de la electricidad, y el aislamiento no es necesario en manera alguna.

470. Si la superficie polar A de un iman se pone sucesivamente en contacto con las superficies A′ y B′ de otro iman, se halla que atrae á la una de ellas, á B′ por ejemplo, y rechaza á la A′. Recíprocamente, la superficie polar B del primer iman atrae á A′ y rechaza á B′. Lo cual nos manifiesta, que *hay dos especies de magnetismo, así como hay dos especies de electricidades, y cada uno de ellos domina en uno de los polos del iman.*