LA ELECTRICIDAD

EXPLICADA SUCINTAMENTE SEGÚN LAS TEORÍAS MÁS MODERNAS DE LA

FÍSICA,

POR

D. VICENTE PIERA TOSSETTI,

precedida de un prólogo

DE

D. JOAQUIN DE ESPONA,

INGENIERO AGRÓNOMO.

Obra premiada con MEDALLA DE COBRE en la Exposicion Regional Gerundense de 1877, y publicada bajo los auspicios de la Exema. Diputacion provincial de Gerona.

GERONA:

Establecimiento tipográfico del Hospicio provincial.

1878.

LA ELECTRICIDAD.

LA ELECTRICIDAD

explicada sucintamente según las teorías más modernas de la

FÍSICA,

por

D. VICENTE PIERA TOSSETTI,

precedida de un prólogo

DE

D. Joaquin de Espona,

INGENIERO AGRÓNOMO.

Obra premiada con MEDALLA DE COBRE en la Exposicion Regional Gerundense de 1877, y publicada bajo los auspicios de la Excma. Diputacion provincial de Gerona.

GERONA:

Establecimiento tipográfico del Hospicio provincial.

1878.

«..... Pero, ¿qué es la electricidad? Un elemento destituido de peso sensible, una propiedad de fuerza que reside en casi todas las materias y que tiende constantemente á establecer el equilibrio.—GIL Y MONTAÑA.»

Á MI QUERIDO, DIGNO Y RESPETABLE

Profesor de Física en el Instituto provincial de segunda enseñanza de Gerona,

D. JUAN RAMONACHO Y CLERCH.

Tiempo hace, estimado Profesor, que pensaba dedicarle algun pequeño trabajo, fruto de mi estudio durante el corto tiempo que tuve el gusto de estar bajo su digna y entendida direccion. Ni la exactitud de las leyes mecánicas, ni la armoniosidad de los fenómenos acústicos, ni la potencia de los caloríficos, como tampoco la belleza de los luminosos, me ha impresionado tanto como los mágicos efectos producidos por la ELECTRICIDAD. *Dígnese V. pues aceptar con su acostumbrada benevolencia esta humilde prueba del cariño que le profeso, y dejará satisfechos los más ardientes deseos del*

AUTOR.

Sr. D. Vicente Piera.

Mi muy querido discìpulo: al aceptar con sumo gusto el presente trabajo, que con tanto cariño me dedica, no puedo ménos que manifestarle que no podia escojer parte de la Fìsica que fuera más de mi gusto; ya por haber tenido á V. de discìpulo mientras la expliqué en cátedra, como tambien por ser de la ciencia una de las que màs llaman hoy la atencion del mundo cientìfico. He admirado en el trabajo de V., el acierto con que ha sabido metodizar y desarrollar una cuestion de sì tan dificil, y, sobre todo, el constante deseo de explicar todos los fenómenos por las teorias màs modernas.

Viva V. en la conviccion de que le queda altamente agradecido su maestro y amigo

Juan Ramonacho.

EXPOSICION Á LA EXCMA. DIPUTACION PROVINCIAL.

Excmo. Sr:

D. Vicente Piera Tossetti, Bachiller en Artes, de 15 años de edad, natural de la villa de La Bisbal, provincia de Gerona, y residente en esta inmortal Ciudad, segun cédula expedida con el número 783 por su Ayuntamiento Constitucional, á V. E. con el respeto y consideracion debidos, expone: Que durante los ratos de ócio que le dejaban libres las múltiples ocupaciones que amenudo le abrumaban, escribió una corta memoria ó tratado científico bajo el título de La Electricidad, *con destino á la Exposicion Regional que con tanto éxito acaba de celebrarse en esta Capital.*

Llegado el momento de la remision de objetos al Certámen, dudó el exponente de si era ó no digno de figurar en él su pobre trabajo; pero, al fin se decidió á mandarlo, confiando en la benevolencia del aún para él desconocido Jurado Calificador, más no creyéndolo nunca digno de ninguna clase de recompensa. Pero

dicho Jurado, que, á pesar de no conocer las circunstancias que concurrian en su atrevido autor, debió sin duda presumirlas, concedió una Medalla de Cobre al humilde trabajo que el abajo firmado tiene la alta honra de elevar inédito á la apreciacion justa y superior criterio de V. &.

Falto el exponente de los medios necesarios para su publicacion, atrévese á suplicar humildemente á esa ilustre Corporacion, que nunca ha desdeñado ni desdeñará acojer en su amoroso seno y cobijar bajo su manto paternal á aquellos noveles autores que empiezan á cobrar esperanzas y á sondear el profundo abismo de la ciencia, que, en caso de creerlo digno de publicidad por medio de la prensa, se digne concederle una pequeña subvencion para auxiliarle á sufragar los gastos que su impresion pueda reportar, subvencion que el exponente deja á la elevada consideracion de V. &.

Señalado honor y distincion que el que expone se promete merecer del patriotismo y amor á la instruccion pública, nunca desmentido por una tan digna y respetable Corporacion provincial.—Gerona 15 Diciembre de 1877.—Excmo. Sr.—Vicente Piera.—Excma. Diputacion provincial.

ACUERDO.

GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE GERONA.—SECRETARÍA.—*La Diputacion provincial con fecha 6 del actual me dice lo que sigue:*

«*La Diputacion provincial, en sesion del dia 4 del corriente, acordó costear en la Imprenta del Hospicio de esta Capital los trabajos tipográficos ó de impresion de un tratado científico escrito por* D. Vicente Piera Tossetti *titulado* La Electricidad.—*Lo que se comunica V. S. á los efectos del párrafo 3.º del art. 9.º de la ley orgánica provincial.*»

Lo que se comunica á V. para su conocimiento y satisfaccion.—Dios guarde á V. muchos años.—Gerona 11 Abril de 1878.—JOAQUIN MARIA LAGUNILLA.—SR. D. VICENTE PIERA TOSSETTI.

Señores que componian la Exema. Diputacion provincial de Gerona al acordarse la subvencion de esta obra.

Presidente.

D. Narciso Heras de Puig.

Vocales.

D. Javier Maria Moner.
D. Vicente Cánovas.
D. Ignacio Bassols.
D. Juan de la C. Majuelo.
D. Juan B. Ferrer.
D. Alejandro Rovira.
D. Juan Torras.
D. Francisco de P. Franqueza.
D. Fernando de Moradillo.
D. Antonio Mataró.
D. Pablo Soler.
D. Francisco Moy.
D. José Maria Marti.
D. Pablo Alsina.
D. José Palau Forniol.
D. Tomás Barceló.
D. Salvador Bascós.
D. José Gou.

Secretario.

D. Antonio Rigau Nadal.

PRÓLOGO.

Despues de constantes investigaciones y esfuerzos supremos, han pretendido reunir los físicos dentro una sola teoría fenómenos que á primera vista no ofrecen entre sí relacion ninguna, como las atracciones y repulsiones producidas por las descomposiciones químicas, los movimientos de la fibra animal puesta en contacto de los metales diferentes, la atraccion producida por el frote en la resina, ámbar y otras muchas sustancias sobre cuerpos lijeros, la atraccion ejercida por el imán sobre el hierro, el rayo, que dá lugar á efectos mecánicos tan notables, la inclinacion constante de la brújula y otros que seria prolijo recordar.

Pero, desde Thales que, 600 años antes de J. C. atribuia los fenómenos magnéticos á un alma infiltrada en la masa del imán, hasta la teoría más reciente: ¡cuantos sistemas, cuantas hipótesis no se han ideado para la explicacion de aquellos fenómenos! Empezando por Comelins Genima, suponiendo que líneas invisibles se extendian desde el

imán al cuerpo atraido; siguiendo por Cortes di Londi, que decia ser el hierro alimento natural de los imanes; recordando á Descartes que comprendió los fenómenos magnéticos en su célebre teoría de los turbiones, renovada nuevamente por Crerk-Maxwell, á Coulomb, que admitia la existencia de dos fluidos de distinta naturaleza y á Æpinus que creia en la existencia de un solo fluido, á Ampére, atribuyendo una série de corrientes eléctricas al rededor de los átomos de los cuerpos imantados, á William Tompson, que habla de una materia magnética imaginaria y otros muchos que seria pesado enumerar, se vé que el estudio de aquellos fenómenos ha producido las concepciones más extravagantes que en los anales de las ciencias físicas se rejistran.

Tendencia constante de la humanidad ha sido siempre la investigacion de las ocultas causas que concurren á la produccion de los fenómenos de un órden escepcional, siendo las mismas dificultades que se oponen al logro de su deseo, inevitable incentivo á su voluntad para no cejar en su camino.

La breve reseña histórica que hemos expuesto corrobora lo que acabamos de decir, pues desde el momento en que los fenómenos eléctricos lograron llamar la atencion del mundo sabio, no han cesado un momento de ser objeto de constante estudio. Desgraciadamente, el prurito de querer explicar su concepto esencial há sido causa de estériles discusiones y de investigaciones impotentes, que no han logrado dar luz sobre el oscuro horizonte de nuestra inteligencia limitada, abismo insondable donde terminan todas las evoluciones del espíritu.

Mas, ¿que ventaja reportaria la ciencia con poder expresar de un modo explícito esta parte *filosófica*, si es que así pueda llamarse, de la causa primaria de las evoluciones materiales?

¿Acaso la Geometría há dejado de seguir su senda gloriosa de progreso, por haber dejado sin explicar lo que es sin embargo el único objeto de su estudio, la *extension?*

¿Há dejado la Química de perfeccionarse y llegar á una altura cási prodigiosa, apesar de no explicar la causa eficiente de lo que es su fundamento, *la afinidad?*

La Fisiología, la Biología y todas las ciencias que se ocupan del estudio de los seres animados, ¿han quedado acaso atascadas al principio de su carrera por ignorarse la esencia de la *vitalidad*?

Los mismos fenómenos lumínicos y térmicos, ¿pueden considerarse mejor acaso tomándolos ámbos como á procedentes de dos agentes distintos ó modificaciones de un mismo fluido?

Laudable es que las ciencias físicas no se contenten con la manifestacion formal de los ajentes materiales. En este caso, quedarian aquellas reducidas á la simple enumeracion de una série de hechos del órden físico que nada dirian á nuestra inteligencia. Pero, de esto á querer explicar la esencialidad de su esfera activa, vá una distancia inmensa.

Veánse sino las interminables metamórfosis por qué há pasado, como anteriormente dijimos, la explicacion de los fenómenos eléctricos, y el sinnúmero de hipótesis, algunas de ellas ingeniosísimas, pero que no han pasado de la categoría de sueños.

Sería salirnos del objeto que nos hemos propuesto en este lijero prólogo, si nos detuviéramos á examinar las pocas ventajas que há reportado la ciencia de estas elocubraciones.

Nos contentamos por lo tanto con haber apuntado nuestra idea al principio de esta memoria, fruto de la laboriosidad recomendable de su jóven autor, que há sabido superarse á si mismo en un trabajo que acusa conocimientos vastos en una materia dificil en si misma, y que há sabido recopilar con acertado criterio bajo una forma sencilla las diversas fasès que há recorrido hasta el dia uno de los ramos mas importantes de la Física y las útiles y variadas aplicaciones de que há sido objeto.

Terminaremos felicitando al novel autor por su notable trabajo, recomendándole no abandone la envidiable senda que há emprendido.

Gerona 9 Octubre de 1877.

JOAQUIN DE ESPONA.

LA ELECTRICIDAD.

I.

Su historia y teorías.

Si tratáramos de descubrir la cuna de esta admirable y maravillosa rama de la Física, tendríamos que remontarnos á los tiempos de Thales de Mileto, que 600 años antes de la Era Cristiana conocia ya la propiedad que tiene el succino ó ambar amarillo, frotado con un pedazo de paño, de atraer cuerpecitos lijeros, como son papelitos, pajuelas, barbillas de pluma, etc. Estas atracciones y repulsiones, fenómeno al parecer, tan sencillo é insignificante, han sido el orijen de todo lo que hoy comprendido bajo el nombre de ELECTRICIDAD, palabra derivada de *electron*, nombre griego del succino, ofrece á la mente del sabio un inagotable caudal de conocimientos y un ancho campo en donde aguzar su ingenio y desarrollar las gigantescas concepciones de su imaginacion.

Plinio cita esta propiedad en una de sus obras, y refiriéndose á ella dice, como planteando ya una especie de hipótesis que: «al tomar el succino *cuerpo y vida*

por la frotacion, atrae á los cuerpos lijeros del mismo modo que el imán atrae al hierro.»

Y despues de estas noticias tan vagas é insignificantes, no volvió á pensarse más en el fenómeno observado en el ámbar, que era considerado como una propiedad esencial de este cuerpo, pero de ninguna importancia ni transcendencia. Y sin embargo: ¿quien debia decirles á los que de este modo pensaban que reconocia la misma causa que el mortífero rayo y que el trueno espantoso, que en los dias de tempestad arrastraban la muerte y el espanto tras si, y producian tan honda impresion en su ánimo? ¿Quien habia de decirles que aquel hecho tan sencillo debia dar orijen á esas máquinas, que cual el pensamiento transmiten las palabras y las ideas desde lugares infinitamente remotos, con una rapidez verdaderamente portentosa? ¿Quien hubiera podido pensar en que por su medio pudiera producirse una luz como la eléctrica, aventajada tan solo por la natural á que da orijen la irradiacion solar?

Despues de una infinidad de años, Guillermo Gilbert, médico de Cámara de la Reina de Inglaterra, á principios del siglo XVII volvió á llamar la atencion del mundo científico acerca las propiedades del ámbar, descubriendo además que la frotacion las desarrollaba en otros muchos cuerpos como por ejemplo el cristal, el azufre, la resina, la seda y la guttapercha, y que en algunos, particularmente los metales, era imposible desarrollar la facultad eléctrica por más que los frotase. Fundándose en esto, dividió los cuerpos en dos grandes secciones: *idioeléctricos*, ó propios para la electricidad y *analéctricos*, ó impropios para electrizarse.

Un siglo despues, Gray, habiendo tomado un tubo de cristal con la idea de electrizarlo, al frotar tocó casualmente el corcho que lo tapaba, el cual atrajo tambien la esferilla al ser acercado el péndulo eléctrico. Llamóle la atencion este hecho, y reemplazando el corcho por un tapon de metal, observó con satisfaccion que todo se verificaba del mismo modo. De esto dedujo que *todos*, *absolutamente todos* los cuerpos son propios para la electricidad, si bien, que algunos, al empezar á poseerla por frotacion, la dejan escapar de su masa, conduciéndola á la tierra, que recibió del mismo el nombre de *Depósito común de la electricidad*; mientras que otros, á causa de tener distinta agregacion molecular, la retienen en si mismos, impidiendo al propio tiempo que se traslade de un punto á otro. Bajo este precedente, dividió á su vez los cuerpos en otras dos grandes secciones, que persisten todavía: cuerpos *buenos conductores* ó aquellos que dejan escapar facilmente la electricidad por su masa; y cuerpos *malos conductores* ó *aisladores*, ó sean aquellos que reunen condiciones opuestas á los primeros. Como se vé, la division de Gray, és enteramente opuesta á la de Gilbert, que consideraba á los cuerpos más propios como á impropios para la electricidad.

A mediados del pasado siglo, Dufay sentó ya una hipótesis con toda la forma científica, y que fué aceptada con entusiasmo por todos los físicos de aquel tiempo. Fundado en diversos experimentos, practicados todos con el éxito más lisonjero, suponía la existencia de *dos electricidades*, una *positiva* y *negativa* la otra, dotadas de la propiedad de atraerse, cuando son de nombre

contrario y de repelerse siendo de un mismo nombre.

Despues se supuso que los cuerpos electrizados emitían *fluido eléctrico* en todas direcciones y el abate Nollet creyó que los cuerpos, al electrizarse, se rodeaban de dicho fluido. Pero estas y otras muchas hipótesis fueron pasajeras, y duraron tan solo hasta que el gran Francklin, poco tiempo más tarde, planteó otra, que explica mucho mejor los fenómenos eléctricos producidos por la frotacion, único sistema de electrizacion conocido entónces.

La teoría de este gran físico supone la existencia de un *fluido eléctrico* sutilísimo, imponderado, y capáz de combinarse en grandes cantidades con la materia. Cuando este fluido se halla en exceso, se dice que el cuerpo está electrizado *positivamente*; cuando en defecto, *negativamente*; y, por fin, cuando se halla en equilibrio, recibe el nombre de *neutral*. El mismo Dufay, viendo la superioridad de esta hipótesis sobre la suya, fué uno de sus más ardientes defensores, como lo fueron la mayor parte de los físicos hasta que Symmer planteó otra, que viene á ser como un término medio entre las dos ya expuestas.

Symmer supone la existencia de dos *fluidos eléctricos* llamados, *positivo* el uno y *negativo* el otro, dotados de las mismas propiedades que las dos electricidades de Dufay y que cuando se combinan, producen un tercer fluido llamado *neutral*, que puede descomponerse en sus dos componentes por varias causas, siendo las más importantes la frotacion y las acciones químicas.

Apesar de la notable sencilléz de esta hipótesis, cuando la ciencia proclamó al ÉTER Y FUERZA como á úni-

cos ajentes de los efectos físicos, se hizo inadmisible, como tambien las otras ya expuestas, por apoyarse todas ellas en fluidos milagrosos é hipotéticos, cuya existencia, no tan solo no está comprobada por la demostracion, sino que tampoco parece posible bajo el punto de vista inductivo. Por esto es, que desechadas todas ellas por la mano suprema de la verdad, se plantearon otras fundadas en el ÉTER ó *fluido universal*, siendo dos las que vienen adoptándose por unos y otros, aunque no existe más que una sola que lo explique todo cumplida y científicamente.

La primera de ellas es la de Peltier, que supone la electricidad producida por una modificacion del *éter* en su esencia. Por esta hipótesis se caen en graves errores y confusiones y así es, que casi ha sido abandonada por completo, apesar del poco tiempo de su fundacion.

La verdadera *teoría* eléctrica y la que es hoy dia aceptada por todos los físicos modernos, es la que, propuesta por Mr. de la Rive y desarrollada por el Padre Secchi, explica los fenómenos eléctricos con una claridad y una sencillez que asombran.

De la Rive cree que la electricidad es el resultado de una alteracion en la relacion que existe entre los átomos materiales y los etéreos con que estos se hallan mezclados; y segun el padre Secchi, *electricidad positiva* es lo mismo que *éter condensado* y electricidad *negativa*, *éter dilatado*.

Uno de los hechos que más ponen en evidencia esta teoría es la electrizacion de dos cuerpos en sentido contrario por mútua frotacion. En efecto, suponiendo que

entre cada átomo material de los cuerpos haya uno de etereo, al entrar en frotacion, pasa uno de etereo del primero entre dos de materiales del segundo, dando lugar á que se condense el éter en este, mientras que se dilata en aquel. Este y otros muchos hechos que iremos exponiendo sucesivamente, ponen en evidencia la verdad de esta teoría, que há propuesto el Padre Secchi en una de sus obras mas notables (1), y que como ya hemos dicho, há sido aceptada por todos los físicos de la época.

Hecha ya una breve reseña de las principales teorías eléctricas, vamos ahora á entrar en el estudio de la eléctricidad estática.

---

(1) L' unite des forces phisyques.—Essai de phylosophie naturelle, Par le R. P. Ange Secchi.—Seconde edition française—Paris—1874.

II.

Máquinas eléctricas.

Así al mismo tiempo que Gray publicaba sus observaciones, Otto de Guericke, burgomaestre de Magdemburgo, célebre ya por el descubrimiento de varias leyes astronómicas, y por la invencion de la máquina neumática y de otros muchos aparatos importantísimos en el estudio del aire, construia la primera *máquina electrica*, que si bien asáz sencilla é imperfecta, no deja por esto de ser uno de los inventos que más honran á la ciencia, por constituir el principio de los demás aparatos de la misma clase que se han inventado posteriormente, y que no deben considerarse sino como á modificaciones de aquel.

Consistia dicha máquina en un globo ó esfera de azufre que podia entrar en un rápido movimiento de rotacion sobre su eje, mediante una asociacion de poleas movidas por un volante. Al girar este, arrastraba consigo la esfera, que se hacia frotar contra las manos de un hombre, dando lugar esto á que se electrizase, y á

que de la misma pudieran sacarse varias chispas, que llamaron mucho la atencion del mundo científico.

Sustituyóse despues la esfera de azufre por un cilindro de resina, lo cual dió algunas, aúnque insignificantes ventajas, y por lo mismo no se adoptó ninguna modificacion que verdaderamente mereciera el nombre de tal, hasta que Hawksbée empleó en lugar de la resina y del azufre un cilindro ó globo de cristal, que frotado en las condiciones ordinarias, se electriza positivamente, y por lo mismo, las chispas que de el pueden excitarse son de muchisima mayor intensidad.

Á mediados del pasado siglo, Winkler inventó una especie de cojinetes ó almohadillas henchidas de crin y cubiertas de piel ó seda, que haciendo las veces de frotadores privaban de la molestia de tener que frotar el cristal con las manos; y Bóze cási al mismo tiempo, recojió la electricidad desarrollada por frotacion en un cilindro metálico, sóstenido por cordones de seda, y del cual pendia una cadenilla que se ponia en contacto con el cilindro ó esfera frotante; método que fué sustituido despues por otro en que, aprovechándose el poder de las puntas, el cilindro metálico ó *conductor* quedaba electrizado más facilmente, esto és sosteniéndole con pies aisladores de vidrio y colocándolo junto al de cristal frotante, con unas puntas que se adelantaran hasta cási tocarlo.

De este modo siguió usándose la máquina eléctrica por largo tiempo, hasta que por fin Ramsden, á últimos del siglo pasado, sustituyó el cilindro por un disco ó platillo de cristal tambien, con lo que, aumentándose la superficie frotante y haciéndose más fácil la ma-

nipulacion, la tension eléctrica de la máquina es muchísimo mayor.

La máquina eléctrica de Ramsden dispuesta del modo más conveniente á fin de que dé los mejores resultados posibles, consiste en un disco de cristal que gira verticalmente mediante un manubrio entre cuatro almohadillas no aisladas, y fijas en unos montantes de madera. A ámbos lados del disco y en la lonjitud de un diámetro, se encuentran dos abrazaderas en forma de herradura llamadas *porta-peines*, que ván armadas de unas puntas, que á su vez reciben el nombre de *peines*, y comunican con dos grandes cilindros metálicos, terminados por casquetes esféricos, y aislados sobre piés largos, delgados y macizos de vidrio, hallándose además unidos entre sí por un tercer cilindro más delgado que los ya descritos y que se halla situado paralelamente al disco; estos tres cilindros, generalmente de laton, reciben en conjunto el nombre de *conductor*. Para su mejor aislamiento, es conveniente bañar exteriormente los piés con una capa de resína laca en estado de fusion ó disolucion.

Y, ahora antes de entrar á explicar la teoría de esta máquina eléctrica, séanos lícito el decir algunas palabras acerca el *poder de las puntas*, ó sea la propiedad que tienen los cuerpos terminados en esta forma, de acumular la electricidad en su ápice ó vértice.

La electrizacion de los cuerpos según Coulomb y Beccaria és tan solo superficial. El primero creyó demostrarlo con diversos experimentos, pero modernamente Faraday y Bourbouze han sentado la idea de que se distribuye la electricidad por toda la masa del cuer-

po, aún que sin hacerse sensible más que en la superficie.

La distribucion de la electricidad *superficial* varía segun la forma del cuerpo. En los esféricos se estiende por igual en toda su superficie; en los cilíndricos y en los prismáticos de aristas no muy pronunciadas, se distribuye desde el centro por igual á ambos lados, yendo aumentando hácia los estremos, y finalmente en los cónicos y piramidales, á consecuencia del poder de las puntas, se acumula toda en el vértice.

Hechas estas breves advertencias, pasemos á explicar la teoría de la electrizacion de la máquina de Ramsden, segun las hipótesis de Symmer y de De la Rive.

Segun la primera de ellas, al pasar el disco por entre las almohadillas, que acostumbran á estar dadas exteriormente, de *oro musivo* (1) ú otra sustancia aceleratriz, se electriza positivamente, verificándolo aquellas en sentido contrario, cuya electricidad se pierde en el suelo mediante una cadenilla ó bien con unas tirillas de lámina de estaño, pegadas á los montantes de madera. Al llegar el disco frente á los peines, descomponiendo el fluido *natural* en los mismos contenidos, repele el *positivo* ó de igual signo y atrae al *negativo*, que escapándose por las puntas de los peines, vá á neutralizar el disco, dejando toda la máquina electrizada *positivamente*.

La teoría moderna lo explica distintamente, aun cuando la esencia de las palabras sea la misma. Al pasar el

(1) Variedad del sulfuro de estaño.

disco entre las almohadillas, queda el *éter condensado* en su masa, y al llegar á los peines, rechaza todo el del conductor, cediendo al propio tiempo el que lleva de más á las puntas, que dividiéndolo por igual, hacen que en todo el conductor quede el *éter condensado*. En cuanto á las almohadillas, como están en comunicacion con el suelo, y despues de la frotacion tienen el *éter dilatado*, atraen dicho fluido de la tierra ó depósito comun, el cual vá á dejarlas en estado normal.

Como ya se ha visto, con esta máquina se obtiene tan solo electricidad positiva, y cuando se quiere la negativa, tiene que modificarse algun tanto. Así es que Nairne, célebre médico belga á fin de poder aplicarle mejor á experimentos fisiológicos y hasta á la terapéutica en caso necesario, inventó otra que dá éter condensado y dilatado á un tiempo. Esta máquina tiene dos conductores aislados: el uno vá armado de puntas, que hacen las veces de peines y miran al cuerpo frotado, que es un cilindro de cristal que gira sobre su eje mediante un manubrio; y el otro lleva una almohadilla que hace de cuerpo frotante. Al entrar el cilindro en movimiento, queda con el éter condensado, y á su vez lo condensa en el conductor del peine, mientras que dilatado que está en la almohadilla frotante, como no comunica con el suelo por estar aislado el conductor, dilatado se queda.

La máquina de Van Marum, inventada casi al mismo tiempo que la anterior, ofrece la particularidad de poder dar la electricidad que convenga, mediante una pequeña variacion en virtud, de la cual el conductor queda, ya con el éter condensado por influencia del

disco ó con el éter dilatado por contacto de las almohadillas.

Vamos ahora á describir una máquina eléctrica especial, fundado en un principio diferente de todas las demás, y que es notable por sus formidables efectos. Nos referimos á la máquina *hidro-eléctrica*, ó *caldera eléctrica* de Armstrong.

Esta máquina debe su invencion á un hecho puramente casual. Habiendo un maquinista de uno de los grandiosos talleres de Manchester observado una salida de vapor en una caldera, temiendo una explosion, corrió á levantar la válvula de seguridad, y al ir á cojer la palanca experimentó una fuerte conmocion, acompañada de una viva chispa que saltó de dicha caldera.

Informado de ello mister W. G. Armstrong, eminente Ingeniero Director de dichos talleres, repitió el hecho en otras calderas, y despues de muchos experimentos llevados á cabo con feliz éxito en una locomotora aislada, se decidió á construir esta máquina que, como ya hemos dicho dá unos resultados verdaderamente sorprendentes.

El aparato de Armstrong consiste en una caldera de hierro laminado, nunca fundido, de hogar interior, con su correspondiente chimenea, válvulas de seguridad y manómetro de aire comprimido, todo lo cual se halla aislado sobre unos récios piés de vidrio. En la parte superior de esta caldera se halla una abertura con llave, que comunica con unos tubos metidos en una cajita metálica, llena de agua fria, y terminados por piezas adicionales muy sinuosas. Al pasar el vapor á una fuerte tension por el interior de estos tubos, á conse-

cuencia de la baja temperatura á que se encuentra la caja, experimenta un principio de condensacion saliendo mezclado con gotitas de agua que al rozar con las piezas sinuosas, se electrizan positivamente, dejando la caldera con el éter dilatado, y con tal fuerza, que se han llegado á sacar chispas de la misma á la respetable distancia de *ochenta centímetros*. Segun nuestros informes, en España existe una sola de estas máquinas y aun pequeña, en el Gabinete de Física de la Universidad Central.

Vamos ahora á ocuparnos de otra especie de máquinas eléctricas, que deben su origen al electróforo de Volta, y en las cuales la electricidad se desarrolla principalmente por la influencia, si bien que auxiliada por la frotacion.

El *Electróforo* es la más sencilla de todas esas máquinas eléctricas. Se halla formada por dos piezas; una llamada *torta*, constituida por un pan de resina fundido en una caja de madera de forma generalmente circular, y otra, ó sea el *platillo*, que es un disco de cualquier sustancia, cubierto de lámina de estaño, que lleva un mango aislador de cristal, y mejor, unos cordones de seda, barnizados de resina laca. Para hacerle funcionar, se sacude fuertemente la torta con una piel de gato bien seca con lo que se la electriza negativamente. Si en estas circunstancias se toma el platillo por el mango ó cordones, y se le aplica sobre la torta, sucederá, segun la hipótesis de los dos fluidos, que quedará electrizado por influencia, descomponiéndose el elemento natural en sus dos derivados. El positivo será atraido hácia la cara que mira á la torta, y el ne-

gativo, siendo repelido, irá á la cara opuesta, desapareciendo con solo tocarla con el dedo. Si, dispuesto todo de este modo, levantamos rápidamente el platillo, quedará todo él electrizado positivamente, pudiéndose excitar del mismo una chispa que podrá repetirse tantas veces como se quiera verificando de nuevo estas mismas operaciones, aún que sin necesidad de sacudir de nuevo la torta, cuya electricidad ha llegado á conservarse hasta un año despues de la frotacion.

La teoría moderna ó de De la Rive, lo explica del modo siguiente: al sacudir la torta se le dilata el éter, y al ponerla en contacto con el platillo, atrae todo el que este contiene hácia la cara más próxima, dejándolo en la otra muy dilatado; y por lo mismo al tocarlo con el dedo, arrastra por el cuerpo y saca del depósito común todo el que necesita para condensar el poco que le queda.

El electróforo és un aparato muy comun que se emplea muchas veces en química, principalmente en la *eudiométria*, para determinar la combinacion de diversos gases. Sirve tambien para hacer detonar el *pistolete de Volta*.

Del electróforo han nacido varias otras curiosas máquinas eléctricas, siendo la primera de ellas la de Holtz, formada de dos discos de cristal, que no describiremos aquí, como tampoco las de Pisch y Bertsch, llamada esta última *electróforo continuo*, por no estar ya en uso ninguna de ellas, pasando para concluir con las máquinas eléctricas á describir la inventada hace cuatro ó cinco años por Mr. Fer. Carré, que está destinada por su sencillez, poco volumen, potencia y economía á sustituir á todas las demás.

La parte esencial de esta máquina la conponen los discos, uno de cristal pequeño, que gira lentamente entre dos almohadillas no aisladas y otro de *cautchouc* endurecido algo mayor, que lo verifica muy rápidamente hallándose situado en la parte superior y cubriendo en gran parte al de cristal, en frente de aquel y en la parte superior, se halla un peine metálico que comunica con su conductor; é influyendo sobre el de cristal se encuentra otro peine, puesto en comunicacion tambien con su conductor respectivo.

Vamos ahora á explicar la electrizacion de esta importante máquina por las teorías antigua y moderna, como hemos hecho con las demás.

Segun la de Syimmer el disco cristal se electriza positivamente al pasar por entre las almohadillas y, al través del de *cautchouc*, descompone el fluido natural de su conductor, repele el positivo ó del mismo signo y atrae el negativo, que se escapa por entre las puntas del peine, quedando todo el conductor electrizado positivamente. Ahora bien, el fluido negativo, al salir por el peine, tropieza con el disco de *cautchouc*, que, como gira con extremada velocidad, lo arrastra consigo, yendo á electrizar por influencia el segundo conductor, que lo queda negativamente y con gran fuerza.

Segun la hipótesis moderna, se condensa el éter en el disco de cristal al pasar por las almohadillas. Este disco influye sobre el de *cautchouc*, que á su vez obra sobre el primer peine, condensando el éter en todo el conductor, condensacion que lleva consigo la dilatacion del del disco, que al pasar sobre el segundo peine le roba gran parte del éter que contiene, dejándolo en este muy dilatado.

Estas máquinas, como ya hemos dicho, son de muy poca magnitud y dán resultados sorprendentes, habiéndose llegado en las grandes á sacarse chispas vivísimas á la distancia de 40 centímetros, cuando se asocia un condensador especial á los conductores. La casa Dalmau de Barcelona, con una actividad que le honra, introdujo apenas empezó á adquirir celebridad, este aparato en España, construyéndose ya actualmente en sus grandiosos y magníficos talleres, habiendo dado muy buenos resultados.

Estas son las principales máquinas eléctricas, siendo suficientes para satisfacer las necesidades de la ciencia, y por lo mismo, nos abstendremos de describir otras ménos importantes y de no tanta aplicacion.

III.

Aparatos para medir la electricidad ó hacer constar su presencia.

GILBERT, al estudiar las propiedades de los cuerpos, inventó un aparatito á que dió el nombre de *péndulo eléctrico* destinado á conocer si un cuerpo se electrizaba por frotacion y en que sentido lo hacia. Tal fué el orijen del *electróscopo* ó *electroscopio*, que no és más que un aparato destinado á los fines antedichos.

La construccion y empleo de los electroscopios está basada en las leyes que señaló el físico francés Coulomb, fundadas en la intensidad de las atracciones y repulsiones eléctricas. Dichas leyes pueden reducirse á una sola, que enunciada lo más extrictamente posible dice así:

La intensidad de las atracciones y repulsiones eléctricas está en razon directa de la carga y en razon inversa del cuadrado de la distancia que media entre los cuerpos que se experimentan.

Su inventor demostró esta ley, construyendo un elec-

troscopio y electrómetro á la vez, fundado en las leyes de flexion y torsion y sumamente sensible, que ha recibido el nombre de *balanza de Coulomb*, cuya descripcion creemos poder omitir por no tener casi ninguna aplicacion en la práctica, y por ser más propia de un experimento en clase que de un trabajo de las pobres condiciones del presente.

Hace algunos años, Harrís, despues de muchos experimentos, se persuadió de la falsedad de las leyes de Coulomb, y De la Rive repitiéndolos y verificando otros dedujo de sus trabajos que dichas leyes eran tan sólo aplicables á puntos matemáticos, y que por lo mismo, para experimentos de este género debian emplearse cuerpos sumamente pequeños. Esto no obstante, no nos apercibimos muchas veces, operando con buenos instrumentos, de la inexactitud que observó Harrís en las leyes de Coulomb aplicadas á casos prácticos.

Uno de los electroscopios más usados en física es el de panes de oro, que inventado por Benet, consiste en una campana de cristal tubulada, por cuya tubuladura pasa una espiga metálica, terminada superiormente en esferilla y por la parte inferior en dos tirillas de pan de oro. A ambos lados de la campana y en la lonjitud de un diámetro frente á los panes, se hallan dos láminas ó columnitas metálicas, que comunican con el suelo mediante un platillo buen conductor colocado en la parte inferior de la campana. Para hacerlo funcionar, se acerca el cuerpo que se trata de examinar á la esferilla hasta establecer el contacto, y en caso de estar electrizado se separarán los panes de oro, no moviéndose si no lo está.

En Mineralogía se usa otro electroscopio debido á Haüy, que consiste en un pié metálico sobre el cual se apoya una aguja fina de cobre, pudiendo girar libremente sobre el mismo, estando terminada por un extremo en una esferilla metálica, y por el otro en un pedazo de espato calizo de Islandia, que tiene la propiedad de electrizarse por la simple presion de los dedos.

Para averiguar la intensidad de la carga de una máquina eléctrica, se emplea con éxito el *electrómetro de cuadrante* inventado por Henley, que no es más que un péndulo eléctrico cuyo hilo se halla reemplazado por una varilla muy ténue de asta, hueso, marfil, etc. movible sobre un eje en frente de un cuadrante de madera generalmente graduado segun la division comun de la circunferencia. Todo esto vá fijo en un pié buen conductor que puede atornillarse á la máquina eléctrica. Por lo mismo, cuanto más se desvie el péndulo, mayor será la carga de electricidad que posea la máquina en cuestion.

Estos son pues los principales electroscopios y electrómetros, restándonos tan sólo hablar del electrómetro condensador de Volta que expondremos despues de haber tratado de la teoría de los *condensadores* y del electroscopio condensador tambien de Bomhenberger, cuyo estudio corresponde á la electricidad dinámica.

IV.

Chispa eléctrica y sus efectos.

El primer fenómeno que puede observarse en un conductor electrizado es la *chispa eléctrica*, ó sea una ráfaga luminosa, acompañada de un chasquido en el aire, que se excita de aquel al acercársele un cuerpo buen conductor. Segun la hipótesis de Symmer no es otra cosa que la recomposicion de los fluidos contrarios, y segun la de De la Rive el paso del éter de un cuerpo á otro.

Para probar aquí una vez más la exactitud de esta teoría, de la cual somos ardientísimos defensores, vamos á distinguir varios casos y á establecer un paralelo entre ámbas.

Cuando tenemos dos cuerpos. uno electrizado positivamente y otro en sentido negativo, en tension suficiente, al acercarlos sucederá segun la hipótesis de Symmer que los fluidos contrarios tenderán á su neutralizacion y cuando se hallen á la distancia explosiva, se recompondrán produciendo la chispa eléctrica; y segun

la de De la Rive, en uno de dichos cuerpos se encuentra el éter condensado y dilatado en el otro; luego, si acercamos él condensado al dilatado, este atraerá todo el éter que lleva aquel de más, el cual, al hallarse á la distancia conveniente ó explosiva, irá á dejar en estado normal al conductor dilatado. Si, al contrario, acercamos el dilatado al condensado, este rechazará todo el éter que lleva aquel, y cuando lo tenga á la distancia debida, soltará el que constituye su condensacion, que á su vez irá á dejar en estado neutral al dilatado.

Ahora bien: si suponemos un cuerpo electrizado positivamente, y otro buen conductor que no lo esté y comunique con el suelo, la cosa toma ya un aspecto diferente, Segun la hipótesis antígua, el cuerpo no electrizado atraerá al que lo está, quedándolo negativamente por influencia; y por lo mismo, cuando se hallen ambos cuerpos á la distancia explosiva, se recompondrán sus respectivos fluidos de signo contrario, orijinando la correspondiente chispa eléctrica. De la Rive y Secchi creen que el cuerpo electrizado rechaza al depósito comun todo el éter del que no lo está, y cuando lo tiene á este bien dilatado, suelta el que constituye su condensacion, que se reparte por igual entre ambos cuerpos, dejándolos en estado neutral.

Vamos ahora á suponer un tercer caso en qué uno de los cuerpos esté electrizado negativamente y deselectrizado el otro. Symmer lo explica del mismo modo, con sólo cambiar los nombres de los fluidos, y la teoría moderna dice que al acercar ambos cuerpos, el deselectrizado, por influencia del otro, atrae éter de la tierra, y cuando se halla á la distancia explosiva, lo suelta

mandándolo al que lo tiene dilatado, que de este modo queda en estado normal, gracias al elemento etéreo que se encontraba sobrante entre los átomos materiales del primero.

En todas estas consideraciones se descubre yá palpablemente la superioridad de la teoría moderna sobre la antigua, puesto que en aquella nunca se tropieza como en esta, con fluidos particulares, hipotéticos y de existencia más que dudosa. Sin embargo, vamos ahora á exponer otra que es la más evidente y que no deja ya duda alguna acerca de esta cuestion: nos referimos á los efectos caloríficos, luminosos y químicos de la chispa eléctrica.

Esté fenómeno es completamente inexplicable por la hipótesis de Symmer, y sin embargo la de De la Rive lo explica del modo más perfecto.

Segun las teorías modernas, todos los efectos físicos reconocen la misma causa eficiente, el ÉTER; luego al pasar este de un cuerpo á otro, al tener lugar la chispa eléctrica, entra necesariamente en vibracion, cuyas ondas de menor intensidad producen *calor*, cuando son más intensas, *luz* y cuando, en fin, son ya rapidísimas, entonces tienen lugar los efectos químicos. Y, como en el paso del éter de un cuerpo electrizado á otro ó al contrario hay ondas etéreas de toda clase de intensidad, de ahí que necesariamente deba producir la chisqa eléctrica efectos *químicos*, *térmicos* y *luminosos*.

Sentados los anteriores precedentes, vamos á exponer algunos de estos efectos que merecen citarse por su curiosidad ó importancia científica, empezando por los caloríficos.

El más notable de ellos es la inflamacion del éter sulfúrico por efecto de la chispa, para lo cual se hace comunicar una copita metálica aislada y llena de este líquido con el conductor de una máquina eléctrica, y si cuando se halla electrizada á gran tension se excita una chispa del fondo del líquido, este se inflamará instantáneamente.

Los efectos luminosos son sumamente variados y los hay en sumo grado sorprendentes y magníficos. La misma chispa eléctrica es un efecto luminoso de la electricidad. Para hacer que su impresion sea más intensa, empléanse el tubo centelleante y el cuadro májico. Consiste el primero en un tubo de cristal en cuyo interior hay pegadas varias piezas metálicas á corta distancia las unas de las otras, formando caprichosos dibujos, que son reproducidos por la chispa eléctrica al saltar de unas piezas á otras. El cuadro májico es enteramente lo mismo, con la sola diferencia de tener el tubo sustituido por una lámina de cristal.

Los efectros químicos son tambien muy variados y pueden producirse mediante varios aparatos, siendo el más generalmente empleado el *pistolete de Volta*, que sirve para determinar la combinacion del oxígeno con el hidrógeno para formar agua.

La electricidad estática de las máquinas eléctricas produce tambien efectos mecánicos, que se comprenden muy facilmente desde el momento en que puede producirlos luminosos y caloríficos; puesto que la luz y el calórico son fuerzas, la fuerza produce el equilibrio y el movimiento, y el movimiento y equilibrio son la esencia de todo efecto mecánico. Se demuestran estos mediante

varios aparatos, siendo los más generalmente empleados, el campanario, el granizo y el molinete eléctrico. Si se emplea en lugar de la tension de una máquina la de un condensador, los efectos mecánicos son mucho más intensos, al propio tiempo que los fisiológicos de que trataremos en el capitulo siguiente.

Uno de los efectos mecánicos más notables és el de la deformacion de la chispa eléctrica en el aire. En efecto, si se la excita á corta distancia es dilatada en los extremos y comprimida en el centro, si se saca de un poco más lejos forma ligeras ondulaciones ramificadas, y por fin, si salta entre el conductor y un cuerpo situado á la mayor distancia explosiva posible, entonces forma una línea doblada en zic-zac. Todo esto es debido á la resistencia que opone el aire al paso del éter de un cuerpo al otro. Así es que en el vacío ó en un medio muy enrarecido la distancia explosiva és mucho mayor que al aire libre, pudiendo comprobarse esto mediante un aparatito que por su forma há recibido el nombre de *huevo eléctrico* ó *filosófico*.

En el capítulo siguiente vamos á ocuparnos del estudio de los condensadores, para concluir con el de la Electricidad estática ó en equilibrio.

V.

Condensadores y sus efectos.

A principios del siglo pasado se hallaba Muschembroeck practicando con grande asiduidad experimentos para hallar la conductibilidad eléctrica de los líquidos, y queriendo buscar la del agua llenó una botella, cerrándola con un tapon atravesado por una espiga metálica que tocaba interiormente al líquido, Hecho esto, acercó la botella, que tenia cojida por la mano, á la máquina eléctrica con la idea de electrizar el contenido, y cuando consideró lo estaba ya suficientemente se preparó á examinar el resultado de su operacion. Pero al ir al sacar el tapón cojió el alambre que por su interior pasaba, experimentando una conmocion tan extraordinaria, que le hizo caer aturdido. Repuesto al cabo de un rato de la dolorosa impresion que habia sufrido, escribió á una de las primeras notabilidades de su época (1) noticiándole el hecho y aña-

(1) Réaumur.

diendo además que no repetiria el experimento aunque en pago le dieran la corona de Francia.

Noticiosos los hombres que se dedicaban al cultivo de la ciencia del maravilloso hecho observado por Muschembroeck, trataron de repetirlo, pero asustados por su terrible aserto, lo verificaron con botellas muy diminutas, notando en efecto una fuerte conmocion en las articulaciones de los dedos; después poco á poco fueron aumentando la magnitud de las botellas, hasta llegar á las de grandes dimenstones, con las cuales la conmocion, llegó á ser ya insufrible en las manos, brazos, hombros y hasta en el pecho.

Algun tiempo despues el abate Nollet reemplazó el líquido con pedacitos de lámina de cobre y de estaño y panes de oro, mientras que Wattson y Bewis cubrian la superficie exterior de la botella con una lámina tambien de estaño, observándose que la conmocion era mayor, haciéndose al propio tiempo mucho más cómodo el uso del aparato. Habíase puesto tan de moda el recibir conmociones, que no habia fiesta tanto pública como particular en cuyo programa no figurasen. Cítase entre las mas célebres la que el mismo abate Nollet hizo experimentar á una compañia de granaderos en en el Campo de Marte de París, pués se dice que fué tan extrordinaria, que todos ellos cayeron aturdidos al suelo, en medio del entusiasmo popular.

Entretanto íbanse todos aguzando el ingenio para averiguar la causa productora de estas conmociones, pero el único que consiguió dar de ello una explicacion completa y verdaderamente científica fué el inmortal Francklin, que consideró á la botella como á un *conden-*

sador de electricidad ó fluido eléctrico, dándole el nombre de *Botella de Leiden*, punto en que la descubrió Muschembroeck.

Ántes de explicar la teoría de estos aparatos, es necesario describir el condensador de Æpinus, con el cual puede estudiarse mejor que con ningún otro.

Este condensador se compone como todos de tres láminas; dos lateradas de cobre, y una intermedia y delgada de cristal, todas ellas sostenidas por piés aisladores y dispuestas de modo que puedan á libertad avanzar y retroceder. Puestas las dos láminas metálicas en contacto de la aisladora, y haciendo comunicar una de ellas con el conductor de la máquina eléctrica ordinaria sucederá:

Según la hipótesis de Symmer, dicha lámina llamada *platillo colector* descompone al través de la de cristal la electricidad neutra de la segunda, que á su vez recibe el nombre de *platillo condensador*; atrae el fluido negativo y repele el positivo, y como este platillo se halla en comunicacion con el suelo, váse acumulando en él gran cantidad de fluido negativo al tiempo que va cargándose del positivo el platillo colector. Este tiene siempre una cantidad de electricidad libre, que cuando el condensador está cargado en su máximum, és de igual tension que la de la máquina.

Explicando la carga del condensador por la teoría moderna, diremos que al ponerse en contacto el platillo colector con la máquina eléctrica, quedará con el éter condensado, y al través de la lámina aisladora, rechazará todo el que contiene el platillo condensador, el cual irá al deposito común, por estar esta lámina en

comunicacion con el suelo; y se dirá que el condensador há recibido su carga máxima, cuando el platillo colector tenga una cantidad de éter libre, además del condensado, igual al que constituye la condensacion del conductor de la máquina,

Todo esto se demuestra mediante unos pendulitos eléctricos colocados en ambos platillos, y cuyos movimientos no describiremos aquí, por ser más propios de una explicacion en cátredra que de este lugar.

Además de estos condensadores hay otro conocido con el nombre de *cuadro fulminante* que és el más sencillo de todos, pués consiste en una lámina de metal, á ambas caras de la cual van pegadas dos de estaño.

Un condensador puede descargarse lenta ó rapidamente y en este último es susceptible la descarga de verificarse directamente ó con la mano, ó bien mediante el auxilio de unos sencillisimos instrumentos llamados *excitadores*.

Y prescindiendo de los detalles y teorías de la descarga cuya descripcion sería hasta enojosa para el curioso lector, démos fin á la electricidad estática para empezar el estudio de la dinámica, con la descripcion del electroscopio ó electrómetro condensador de Volta y la exposicion de los efectos producidos por la electricidad latente ó condensada.

El aparato de Volta no és más que el electroscopio de panes de oro, hecho mucho más sensible por la adicion de dos platillos metálicos condensadores que en la cara de contacto tienen una gruesa capa de barníz de resina laca. Para hacerlo servir, se coloca el objeto que se trata de observar en el platillo superior, mientras que se

pone el dedo lijeramente húmedo en el otro. Si después de esto levantamos el primero, retirando al propio tiempo el dedo del segundo, sucederá que si el cuerpo está electrizado, diverjerán las hojuelas, que no se moverán en caso de no estarlo.

Los efectos producidos por los condensadores, son enteramente los mismos de la chispa eléctrica, aúnque se presentan bajo un aspecto más poderoso. Hemos citado ya los los fisiológicos al principio del Capítulo. Los caloríficos son muy intensos, habiendo llegado Van-Marum á fundir un alambre delgado de hierro de diez y seis metros de lonjitud, mediante la descarga de una fuerte batería. Por otra parte, háse empleado la botella de Leiden en diversas ocasiones para pegar fuego á la pólvora ú otra sustancia inflamable. Nos permitiremos copiar las siguientes líneas de una obra del Sr. Bonet, catedrático de física del Instituto provincial de 2.ª Enseñanza de Barcelona (1).

«Basta para para esto,—dice el Sr. Bonet,—como lo «dispuso para su ejército el Emperador de Austria, una «especie de máquina eléctrica de dos discos de 316 mi«límetros de diámetro, fiijados sobre un eje de metal «que gira sobre apoyos de lo mismo, habiendo entre «ellos una botella de Leiden con la espiga en punta. «Esto, que vá en una caja sólida, que puede ser llevada «á la espalda junto con alambre de laton de 1'087 milí«metros de diámetro, constituye lo necesario para pegar «fuego, aún lloviendo copiosamente, nevando, etc., á

(1) Compendio de elementos de Física y Nociones de Química inorgánica para uso de los Institutos de 2.ª Enseñanza, por D. Francisco Bonet y Bonfiill.—2.ª Edicion.—Barcelona.—1871.—*paj.* 249.

«muchos hornillos de minas á un tiempo. En el sitio en «que ha de efectuarse la inflamacion, el alambre está «interrumpido dentro de un cartucho de una mezcla ín- «tima de sulfuro de antimonio y de clorato de potasa que «comunica con la pólvora.»

Los luminosos son tambien más enérjicos que con la máquina eléctrica solamente, y en cuanto á los químicos, háse llegado á descomponer el agua con la descarga de una bateria.

Los efectos mecánicos son muy sorprendentes, pudiendo citarse como á modelo el *taladra-cristal* ó *taladra-naipes*, que consiste en dos puntas metálicas aisladas, que comunican una con la armadura interior y otra con la exterior de una botella de Leiden, y mejor de una bateria eléctrica; colocando un naipe ó bien una laminita de cristal entre ámbas, al saltar la chispa quedará instáneamente agujereada.

Tambien pueden, por medio de un condensador, dorarse ciertos objetos grabados en plano, siendo uno de los experimentos de esta clase que más llama la atencion el que consiste en reproducir por medio del dorado un perfil especial, que acostumbra á ser el busto de Francklin.

Y con esto damos por terminado el lijero estudio que hemos hecho de la Electricidad estática.

VI.

Galvanismo, Contacto y Acciones químicas.

A últimos del pasado siglo tuvo lugar un memorable hecho que poporcionó á la Física uno de sus más admirables tratados en el estudio de la Electricidad, y el que á no dudar ha tenido mayores y más útiles aplicaciones. Nos referimos á la célebre controversia sostenida por físicos tan eminentes como Galvani y Volta.

El primero de estos inmortales sabios, profesor de Anatomía en la Universidad de Bolonia, tuvo ocasion de observar un hecho sumamente curioso, que vamos á transcribir. Habiendo desollado una rana viva, con objeto de hacer una de sus muchas observaciones científicas, la dejó por casualidad encima de una mesa situada á la distancia explosiva de una máquina eléctrica.

Entonces y tambien sin motivo, uno de sus alumnos dió vueltas al disco, y observó con extraordinaria sorpresa, al igual que sus compañeros, que en cada chispa que saltaba de la máquina al cuerpo de la rana, esta sufria violentas contracciones.

Informado del hecho su profesor, y despues de haber reflexionado largo tiempo acerca la causa que podria producir estas contracciones, como tenia ocupaciones precisas, dijo que lo ignoraba, pero que procuraria averiguarlo en otra ocasion. Pero desde aquel instante la profunda imajinacion de Galvani perdió su cuotodiana tranquilidad, puesto que desde entónces, empezaron á bullir en su mente mil teorías fantásticas y forjó en su cabeza infinitas hipótesis indeterminadas para reconocer la verdadera causa de un fenómeno que habia presenciado por primera vez. ¡Oh admirable poder de la ciencia! ¡Cuántas veces con alguna de las sorpresas que nos tienes preparadas y frecuentemente nos envias, dejas absortos por mucho tiempo á los hombres más eminentes que á tu cultivo se dedican!

Pero, como si la veleidosa suerte se hubiese empeñado en hacerle reflexionar seriamente sobre este punto, tuvo aquel mismo dia ocasion de observar otro fenómeno que le llamó la atencion de un modo más vivo. Habiendo desollado otra rana para verificar con la misma alguna otra operacion, con objeto de hacerla secar, le pasó un gancho de cobre por la médula espinal y colgóla de los hierros de un balcon. Entonces, sea por el viento, sea por otra cualquiera causa, se movió lo suficiente la rana para llegar á tocar el hierro de la baranda, y Galvani se sorprendió en extremo al ver que cada vez que se ponian en contacto los músculos *crurales* ó de la pantorrilla con el susodicho metal, se verificaban las mismas contracciones que tanto le habia llamado la atencion en la máquina eléctrica.

Entonces aumentó la sorpresa de Galvani, y se pro-

puso, abandonando todos sus demás quehaceres, estudiar de una manera formal y sostenida el hecho que tanto le habia llamado la atencion. Pero: ¿Como averiguarlo? El fenómeno era enteramente nuevo; no habia pues ningun ajente físico de los hasta entonces conocidos capaz de producirlo.

Tal fué la primera impresion que experimentó Galvani y el primer pensamiento que á su mente acudió; pero bien pronto, fijando sus primeras ideas en la electricidad, que es quien dió á conocerle el hecho, y no resolviéndose por esto á abandonar su primitiva opinion publicó la siguiente consecuencia de sus experimentos improvisados:

«Que por los músculos y nervios de la rana circulaba un *fluido nervioso* especial, que despues recibió el nombre de *galvánico*, análogo completamente al eléctrico, y que al ponerse en contacto dichos nervios con los músculos mediante un arco metálico, se recomponía, dando lugar dicha recomposicion á la contraccion que se verificaba.»

Luego las ranas de este modo preparadas fueron asemejadas á botellas de Leiden, cuyas armaduras interior y exterior eran los nervios y músculos respectivamente, y la lámina aisladora consistia en la gordura, no desempeñando el metal ó metales sinó el papel de excitador.

Así como Galvani habia pensado tan solo en los órganos de la rana, Volta se fijó esencialmente en el arco metálico, y demostró mediante una série de experimentos practicados con el electrómetro condensador que acababa de inventar, que dos metales se electrizan por

contacto y en sentido contrario el uno del otro, y que por lo mismo ellos eran lo que más contribuia á la contraccion de la rana, que tan solo hacia las veces de mediador para la recomposicion de las electricidades contrarias de que se hallaban cargados.

Pero á su vez Galvani reforzó las trincheras de su teoría, probando que bastaba un solo metal, á cuyo fin construyó un arco de cobre que desempeñó muy bien su papel, puesto que se verificaron tambien las contracciones, y además sumerjió la rana en un baño de mercurio todo lo puro que le fué posible procurarse, llegando hasta á hacer sufrir las contracciones aplicando directamente los músculos crurales á los nervios lumbares, con lo cual creyó que sería derribada la teoría de Volta.

Más éste generalizó lo observado en los metales á todos los cuerpos, y despues de incesantes trabajos, llegó en 1794, segun unos y en 1800, segun otros, á inventar la *pila* uno de los aparatos más asombrosos debidos á la humana intelijencia, planteando como á principio de su teoría las dos siguientes leyes, fundadas en la electrizacion por contacto.

1.ª Dos metales física ó químicamente heterojéneos, se electrizan por contacto en sentido contrario el uno del otro.

2.ª Al mismo tiempo que se produce la electricidad, se desarrolla una fuerza, que ademas de hacer que el sentido eléctrico sea diferente, se opone á su neutralizacion.

Sin embargo, apesar de todo esto, hoy dia se cree que la electricidad está producida por acciones químicas.

Ya Galvani habia notado que si el arco se hallaba formado de zinc y cobre y se tenían las manos mojadas en agua acidulada con ácido sulfúrico, la contraccion era mucho mayor. Así es, que despues de éste y otros muchos hechos, empezó á creerse que el desarrollo eléctrico era producido por combinaciones y descomposiciones químicas, y modernamente Mr. De la Rive ha establecido cinco leyes para explicar la electrizacion de las pilas eléctricas; leyes que enunciadas conforme exijen los conocimientos actuales y lo más breve y concisamente posible, son las siguientes:

1.ª *En toda accion química hay desarrollo de electricidad, ó sea formacion de corrientes etéreas,*

2.ª Cuando el oxígeno se combina con algun cuepo simple, se electriza positivamente, tomando el estado eléctrico negativo el otro cuerpo que entra en la combinacion; esto es, en el primero, se condensa el éter y se dilata en el segundo.

3.ª En las combinaciones de un ácido con una base, el ácido se electriza positivamente, verificándolo la base en sentido contrario.

4.ª Al combinarse un ácido con un metal, sucede lo mismo que en el caso anterior, electrizándose positivamente el ácido y en sentido negativo ó con el éter dilatado el metal.

Y 5.ª En las descomposiciones químicas sucede todo lo contrario que en las combinaciones, pues el éter se dilata siempre en el oxígeno y en los ácidos.

Expuestas ya las anteriores leyes, cuyo conocimiento nos es verdaderamente indispensable en estos momentos, vamos á tratar en el siguiente capítulo de los apa-

ratos que reciben el nombre de *pilas*, y no son más que modificaciones del que inventó Volta para demostrar su teoría del contacto.

VII.

Pilas eléctricas y su teoría.

Despues que Volta hubo planteado la teoría del coutacto, se dedicó muy asiduamente á su desarrollo, dividiendo primero los cuerpos en *electro-motores* y *no electro-motores*; entre los primeros se hallan los metales y los segundos son todas las otras sustancias metalóideas, si bien que hablando en rigor, todos los cuerpos son electro-motores, aúnque en escala diferente.

Para el desarrollo de la electricidad, como ya hemos dicho al tratar de las leyes de Volta, es necesario que se pongan en contacto dos metales física ó quimicamente diferentes, y la reunion de estos dos metales, sueltos ó soldados, es lo que recibió de aquel el nombre de *par*. Los pares más comunes son de zinc y cobre; no obstante, pueden tambien emplearse zinc y platino, oro, carbon, etc. y segun la teoría electro-química, es necesario que uno de los metales sea atacado por el ácido que entra en la pila, mientras que el otro metal ó cuerpo

que se tome, debe servir únicamente de conductor, no sufriendo por lo tanto ninguna alteracion en su esencia por la accion del ácido.

De zinc y cobre fué el par que empleó Volta, y despues de muchísimas pruebas y experimentos, tuvo la feliz idea de multiplicar los pares, disponiéndolos de modo que el zinc del uno correspondiese con el cobre del otro, y para establecer mejor el contacto, colocó entre par y par unas roldanitas de paño empapadas de ácido sulfúrico, disuelto en diez partes su volúmen de agua, que es bastante buen conductor de la electricidad; y por la figura del aparato, su inventor le dió el nombre de *pila* que se ha hecho luego genérico para todos los destinados al mismo objeto, apesar de tener una forma muy diferente.

Hecha ya la descripcion de la pila de Volta, llamada tambien de *columna*, pasemos á tratar del modo como se desarrolla la electricidad, según las teorías del contacto y electro-química.

Fijándonos en un par, al ponerse en contacto el zinc y el cobre, se electriza negativamente este y positivamente aquel, y por diferentes efectos de influencia y de conductibilidad, queda toda la pila electrizada, encontrándose el éter condensado en el reóforo ó polo del zinc y dilatado en el del cobre.

Según la teoria electro-química, el ácido sulfúrico de las soldanas ataca el zinc y forma sulfato de protoxido de zinc, quedando el ácido electrizado con el éter en estado de condensacion, según las leyes de De la Rive, y el metal en sentido negativo, y por los mismos efectos anteriores toda la pila queda con el éter del zinc dilatado y condensado el de las laminitas de cobre.

La pila de Volta tiene muchos defectos, siendo uno de tantos el que por el peso de los pares se expriman los paños y se quedan pronto sin líquido; por esto se han introducido en ella varias modificaciones, siendo la primera la llamada *pila de artesa*, debida á Cruiskaans, que no és más que una pila de columna horizontal sin las roldanas, y metida dentro de una caja rectangular de madera en que se pone la disolucion, que suele contener además del ácido sulfúrico un poco de nítrico para disminuir en parte los perniciosos efectos del hidrógeno al quedar descompuesta el agua por la corriente de la pila.

La pila de artesa tiene tambien su inconveniente, y és que cuando no se necesita su accion, es preciso verter el líquido de la caja, lo cual no deja de ser una gran molestia. Para obviarla, el ilustre Wollaston inventó la que lleva su nombre, en la cual, mediante unos tornillos, pueden separarse á voluntad los pares del líquido corrosivo. Este se halla en vasos, uno para cada par, y estos están formados por una lámina de cobre encorvada en U en cuyo interior se halla otra de zinc muy gruesa, separada de la primera por unos taruguitos de madera ó corcho. El zinc de un par comunica con el cobre del siguiente, y en rigor puede decirse que sus elementos se hallan repartidos entre dos vasos.

Otras muchas modificaciones ha sufrido la pila de Volta, mediante el empleo de un sólo líquido y entre ellas se encuentran las de Weatsthone, Bergantion, Münch, etc; pero como no se emplean ya hoy dia en ninguna parte, su descripcion seria inútil y completamente ociosa.

Estas pilas, tanto la de Volta, como las de artesa, Wollaston, Münch, etc., son llamadas *de un sólo líquido*, y tienen dos inconvenientes capitales que han hecho abandonarlas. El primero es la debilitacion del ácido sulfúrico, y el segundo la formacion de corrientes secundarias, todo lo cual contribuye mucho á la debilitacion de su efecto.

Antes de examinar la causa productora de esta disminucion, es conveniente que demos una ojeada sobre el modo de formarse las corrientes.

En una pila cualquiera, deben considerarse siempre dos corrientes principales: una *interior* del zinc al cobre y otra *externa* del cobre al zinc. La primera es orijinada por las reacciones químicas que producen el desarrollo de la electricidad, y la segunda es el paso del éter por el conductor.

¡Que bello ejemplo podemos aducir en este punto, para convencernos de la posibilidad y certeza de la teoría del Padre Sechi!

¿Que es según esta la pila eléctrica? No es más que un aparato propulsor, un instrumento sencillísimo de mecánica general, por medio del cual el éter, ese fluido imponderado que todo lo llena, que todo lo penetra, hasta los poros infinitamente pequeños de la materia, entra en movimiento y se traslada desde el uno al otro polo de un alambre, que hace las veces de camino conductor.

Así como en un depósito de agua cuando abrimos un orificio bajo el nivel del líquido mana este con abundancia y puede ser conducido por medio de una cañería á un punto inferior á dicha rasante, en una pila eléctrica

en accion, el éter es arrastrado por el alambre, en donde se desliza lijera y rápidamente cual una débil navecilla sobre la superficie tranquila de la azulada mar. Y así como asociando á esta cañería una bomba, un ariete ú otra cualquiera máquina elevatoria puede volver el líquido al punto de partida, tambien la accion química del ácido sobre el zinc, haciendo las veces de propulsor, desarrollando una fuerza mecánica especial é imposible de ser descrita, separa el éter de dicho metal, lo arrastra con violencia por el alambre conductor y vuelve á depositarlo en el punto de partida, para volver á escaparse de él en su movimiento automático y reproducir y multiplicar hasta el infinito sus portentosas evoluciones.

Dejando aparte estas consideraciones que no nos cansaremos de aducir cada vez que se presente la ocasion, como á ardientísimos partidarios que somos de la teoría del gran físico italiano, volvamos á nuestra interrumpida tarea, demostrando las corrientes secundarias que se orijinan en las pilas de un sólo líquido.

Como ya hemos dicho, en estas pilas existen dos corrientes interiores: una principal, como en toda pila eléctrica y otra secundaria que neutraliza en gran parte los efectos de la pila, del modo que vamos á exponer:

El ácido sulfúrico de la disolucion ataca al zinc y forma sulfato de protóxido de zinc, á consecuencia de la descomposicion del agua. El sulfato de zinc formado se deposita en las paredes del cobre y el hidrójeno que queda libre á consecuencia de la susodicha descomposicion, como tiene tanta afinidad con el oxíjeno de dicho sulfato, vuelve á combinarse con él á consecuencia

de la corriente, formándose de nuevo agua, y quedando una capa de zinc depositada sobre la lámina de cobre. Este zinc es atacado á su vez por el ácido, y reproduce los mismos hechos que el de la lámina primitiva, dando lugar, como ya hemos dicho, á la segunda corriente, que destruye casi todo el efecto de la principal.

Para remediar todos estos inconvenientes, se han construido otras muchas pilas llamadas *de corriente constante*, en las cuales el ácido sulfúrico permanece siempre con el mismo grado de concentracion, y no se forman depósitos de sulfato de zinc sobre la lámina no atacada. Una sola pila es la que cumple con estas condiciones y es la de Daniell con todas las modificaciones de que ha sido objeto, puesto que las demás sólo cumplen con la última.

Un par de Daniell dispuesto del modo más sencillo y potente á la vez, consiste en un vaso de cristal, porcelana, tierra de gres, etc., en cuyo interior se encuentra un cilindro de cobre abierto por las bases, y con multitud de agujeros en la superficie curva, y una galería agujereada tambien en la parte superior. Sigue despues un vaso poroso de tierra de pipa poco cocida ó porcelana sin barnizar, conocida vulgarmente con el nombre de *bizcocho*, que algunas veces es reemplazado por un saquillo de lona, en el interior del cual se encuentra un cilindro de zinc que es conveniente sea amalgamado. En el primer vaso se coloca disolucion concentrada de sulfato de cobre, en la galería cristales de esta última sustancia, y en el poroso agua acidulada con ácido sulfúrico.

La teoría de esta pila es la siguiente:

El ácido sulfúrico de la disolucion ataca al zinc y forma sulfato de zinc que se deposita en las paredes del vaso poroso. El éter condensado de que queda cargado el ácido, al igual que el hidrógeno libre por la descomposicion del agua, atraviesa el vaso poroso, yendo á descomponer el sulfato de cobre, en cobre, que se deposita sobre la lámina de este mismo metal, oxígeno, que se combina con el hidrójeno libre formando agua, y ácido sulfúrico, que atravesando á su vez las paredes del vaso poroso, vá á revificar el agua acidulada que contiene.

En esta pila hay que ir añadiendo sulfato de cobre de tiempo en tiempo y, para salvar este inconveniente, Mr. Verité de Beauvais modificóla, suprimiendo el cilindro de cobre, colocando el de zinc y el agua acidulada en el vaso grande, y en el interior del poroso una laminita de cobre que comunica con el reóforo correspondiente, y disolucion de sulfato de este mismo metal, con un matraz invertido lleno de cristales de esta sustancia y agua, tapado mediante un corcho agujereado, cuyo matraz, por efecto de diferentes fenómenos orijinados por la presion atmosférica, vá revivificando la disolucion del vaso poroso.

Sin embargo, como nada hay completamente bueno en este mundo, las pilas de Daniell y de Verité tienen tambien su inconveniente, y es que el cobre procedente de la descomposicion del sulfato se adapta indistintamente á la lámina metálica, y al vaso poroso, que por efecto de esto vá perdiendo paulatinamente su permeabilidad.

Para obviar esta dificultad, Mr. Callaud de Nantes, las ha modificado, suprimiendo el vaso poroso, y ha-

ciendo que los dos líquidos se separen tan solo por su diferente densidad. Un par de Callaud se compone por lo tanto de un vaso igual a la de Daniell, en cuyo fondo se encuentra una lámina de cobre que vá unida á un alambre, por el cual se escapa el éter en forma de corriente, siendo por lo tanto el polo positivo, lámina que se halla cubierta por una capa de su sulfato. En la parte superior del vaso se encuentra un cilindro de zinc amalgamado, sostenido por unas aletas que se apoyan en los rebordes, estando el resto del vaso lleno de agua muy lijeramente acidulada. Minotto, para hacer más notable la separacion de los dos líquidos, ha pulverizado el sulfato de cobre, poniendo encima de él una capa de arena gruesa ó ladrillo machacado. Pero esto impide la adicion de aquella sal, que frecuentemente tiene que practicarse para regularizar la accion de la pila, y por lo mismo no aconsejaríamos á nadie que empleara esta insignificante modificacion.

La teoría de las pilas de Callaud y Minotto es la siguiente:

El ácido sulfúrico ataca al zinc y forma sulfato de zinc que se deposita en la superficie del agua y del cilindro indistintamente. El hidrógeno libre por la descomposicion de este líquido es arrastrado hácia el fondo del vaso por la corriente eléctrica ó etérea, que á su vez descompone el sulfato de cobre, en cobre, que se adhiere á la lámina ó granitos de arena, oxígeno, que se combina con el hidrógeno formando agua y ácido sulfúrico, que revivifica y concentra el agua acidulada. Por esto la pila es más activa al cabo de algun tiempo de funcionar que al principio, en que la carga es muy

débil. Estas pilas pueden verdaderamente llamarse de corriente constante, y tanto por esto como por su duracion, que á veces se prolonga hasta dos y tres meses, han sustituido casi por completo á las demás en los telégrafos eléctricos y otros usos á que se las destina, reuniendo sobre todo la circunstancia de ser muy económicas.

Poco tiempo despues de la invencion de la pila de Daniell, Mr. Grove inventó otra que si bien al principio dá una corriente muy enérjica, vá esta debilitándose poco á poco, y por lo mismo no puede emplearse en operaciones delicadas, Esta pila es igual á la que describirémos á continuacion, con la sola diferencia de que en lugar de carbon tiene una lámina de platino, generalmente arrollada en hélice, lo cual hace que sea sumamente cara y que el uso la haya desterrado por completo de los gabinetes y laboratorios. No sucede lo propio con la siguiente, que se emplea aún en la mayor parte de las estaciones telegráficas españolas.

La pila que nos ocupa es debida á Bunsen, y consiste en un vaso igual al de las anteriores, en cuyo interior se encuentra un cilindro de zinc amalgamado, dentro del cual se coloca el vaso poroso que encierra una barra prismática de carbon del que incrusta el interior de las retortas destinadas á la elaboracion del gas del alumbrado, ó bien de otro formado por una mezcla íntima de ulla grasa y coke pulverizados. Llénase el primero de dichos vasos de agua acidulada con ácido sulfúrico en proporcion de un nueve ó diez por ciento, y el poroso de ácido nítrico ortinario á 40° Beaumé.

Como en la de Grove, la corriente de esta pila se debilita mucho por la siguiente causa:

El ácido sulfúrico ataca al zinc y forma sulfato de zinc que se deposita en las paredes del vaso poroso. El hidrógeno libre á consecuencia de la descomposicion del agua atraviesa dicho vaso junto con el éter de la corriente elèctrica, yendo á combinarse con una de las cinco partes de oxígeno que contiene el ácido nítrico, formando agua, que le debilita gradualmente y ácido hiponìtrico que se escapa á la atmósfera, dando lugar á que de la pila se desprendan unos olores nitro-sulfurosos muy incómodos y perjudiciales.

Así es que el agua acidulada, como no recibe ningun refuerzo de ácido sulfúrico, concluye por perder casi por completo su accion corrosiva, y el hidrógeno libre, no encontrando ya en el vaso poroso suficiente cantidad de oxígeno con que combinarse, se adhiere á la lámina de zinc, impidiendo de esta manera por completo la accion que sobre la misma debe ejercer el líquido que está en contacto con ella.

De poco tiempo á esta parte hánse inventado infinidad de pilas eléctricas la mayor parte de las cuales han caido ya en desuso. Algunas hay sin embargo que sirven con mayor ó menor éxito para el objeto á que se las destina, y entre ellas citaremos la de bicromato de potasa, la de peróxido de manganeso ó de Léclanche, varias de sales plomizas, la de Marié-Davy y otras muchas que seria harto prolijo enumerar. Bastan empero las ya descritas para todos los usos de la ciencia y por esto es que omitimos la descripcion de las demás Pero ántes de concluir este tratado, no será ocioso el decir algo acerca de las llamadas *pilas secas*, en las que, si bien la tensiou eléctrica es muy pequeña, en cambio la accion se prolonga por mucho tiempo.

Las primeras pilas secas que se construyeron no eran mas que la de la Volta con las roldanitas del ácido sulfúrico sustituidas por engrudo de almidon. Pero las mas sencillas é importantes son las que Zamboni construyó á principios de siglo, compuestas de un papel, en una de cuyas caras se fija con goma ó engrudo de almidon una lámina de estaño, mientras que en la otra se pega peróxido de manganeso finamente pulverizado. Hecha esta operacion, se superponen pequeños discos de este papel con lo que se tiene concluida la pila que se asegura con dos laminitas de cobre en los extremos, correspondiendo el polo positivo á la colocada junto al peròxido y el negativo á la del estaño, yendo por lo tanto el éter de este á aquel. Su duracion es muy grande habiendo Berzelius construido una formada de estaño y laton que funcionó por espacio de veinte años con igual enerjía que al principio.

Las pilas secas sujirieron á Bonnemberger la idea de un electroscopio condensador muy notable, que no es mas que el de Volta, con la diferencia de no contener sinó un solo pan de oro y presentar en el pié dos columnitas de cobre que comunican una con el polo positivo y otro con el negativo de una fuerte pila seca de Zamboni situada debajo del mismo. Para examinar un cuerpo se verificarán las mismas operaciones que con el electrómetro condensador de Volta y al levantar el platillo por el mango de cristal que lleva adherido, si el cuerpo está electrizado tomará un movimiento especial el pan de oro, y según sea atraido por una ú otra columnita, vendremos en conocimiento del estado especial en que se encuentran en su masa las moléculas etéreas interpuestas entre los átomos materiales.

Terminada ya la exposicion de todo cuanto hay que decir con respecto á las pilas, vamos á entrar en el tratado de efectos y aplicaciones, que son muchas é importantísimas.

VIII.

Efectos de la Electricidad dinámica.

Los efectos producidos por la pila son notabilísimos bajo todos conceptos; y para comprenderlos como se debe los dividiremos en tres grandes secciones: fisiólojicos, físicos y químicos.

Cuando se aplican las manos á los polos de una fuerte pila, al cerrar y abrir el circuito se experimenta una conmocion que puede llegar á ser insufrible.

No pasaron por alto tales fenómenos á la terapéutica que busca constantemente medios para extirpar las enfermedades de mas difícil curacion, y por lo tanto aprovechòse de las corrientes voltaicas, aplicandolas en diversos casos que tuvieron el más escelente resultado.

La epilepsia sobre todo y la parálasis son las enfermedades que han sido combatidas con mayor vigor por medio de la pila eléctrica, que ha sustituido ya á todas las tentativas que en un principio se habian hecho con la electricidad estática de las máquinas; y los curiosos

aparatos inventados al efecto por Becquerel, Duchéne, Pulvermacher, Gaiffe y otros muchos físicos modernos pueden darnos una idea bien evidente de ello. Debe irse sin embargo con sumo cuidado en cuanto al empleo de las corrientes eléctricas, pues el sabio Matteucci desarrolló convulsiones terribles en un hombre atacado de parálisis por espacio de muchos años, valiéndose de la accion de un solo par de Grove.

Merece citarse como á verdaderamente extraordinario el hecho que presenció el pueblo inglés en el cuerpo de un ahorcado, una hora despues de haber lanzado el último suspiro. Habiendo el Dr. Ure sujetado el cadáver á la accion de una pila eléctrica muy enérjica, se reprodujeron instantaneamente los movimientos respiratorios, el cadáver se incorporó, dirijió miradas feroces á todos los circunstantes y por último se dice que, habiendole cambiado de lugar los puntos de aplicacion de los reóforos, dió una patada tan tremenda, que derribó á tres de los que tenia mas de cerca.

Por medio de la pila se han logrado artificialmente temperaturas tan sumamente elevadas, que se ha conseguido reblandecer al cuerpo acaso más refactario, que es el carbono; puesto que Despretz, valiéndose de una pila de 600 pares de Bunsen en armadura de cantidad, logró soldar dos pedazos de carbon puro con que terminaban los reóforos. Por otra parte, si unimos los polos de una pila de mucha cantidad con un alambre corto y delgado de hierro ó platino, se pone este incandescente, concluyendo por fundirse.

Los efectos luminosos son tambien notabilisimos bajo todos aspectos, habiendose llegado á producir la luz

eléctrica, cuya intensidad es tan solo aventajada por el lumínico solar. Davy fué el primero que la obtuvo, valiéndose de una pila de 2000 pares de artesa, y haciendo terminar los reóforos en unos conos de carbon vejetal bañado en mercurio, observó que el acercarlos á pequeña distancia saltaba la electricidad (y mejor el éter) de un polo á otro, produciendo una luz vivísima y en forma de arco, al que dió el nombre de *arco voltáico*, en honor del inmortal Volta. Después se ha sustituido el carbon vejetal con mercurio por carbon de coke ó de retorta que no se consume en el aire tan facilmente como aquel.

Hasta ahora se habian usado las pilas de Bunseu para la produccion del lumínico eléctrico, colocando los carbones en unos aparatos de relojería debidos á Foucault, Serrin y otros, llamados *reguladores*. Pe,o hoy dia se ha desechado ya este sistema por defectuoso é incómodo, habiéndose sustituido por una máquina inventada hace algunos años por Mr. Gramme, y de la cual hablarémos aunque lijeramente al tratar de las corrientes de induccion.

Hace muy poco tiempo se ha anunciado al mundo el método de hacer que la luz eléctrica pueda permanecer constante é invariable por espacio de muchas horas, método debido á Mr. Jablochkoff, y que consiste en emplear unas bujías formadas de sustancia aisladadora en el interior de las cuales se encuentran dos barritas de carbon de retorta, dispuestas convenientemente. De este modo, y colocando varias bujías unas á continuacion de otras, por medio de un mecanismo muy sencillo se consigue el resultado apetecido, lo que es de todo

punto imposible usando los reguladores, puesto que la duracion de los carbones es todo lo más de tres ó cuatro horas, y para renovarse es preciso desmontar el aparato, que se halla á una temperatura elevadísima. Este procedimiento ha sido empleado con éxito extraordinario en los trabajos de la Exposicion Universal de París.

Vamos á exponer algunas observaciones acerca la magnitud del arco voltáico verificadas por Despretz. Este laborioso físico observó que el arco tiene veinte centímetros de lonjitud, cuando la pila es de 600 pares de Bunsen, siendo la de un centímetro cuando es de cien pares, en que es cuatro veces mayor que una de cincuenta. Si el carbon negativo va á la parte superior es siempre menor el arco voltáico, como tambien cuando los dos se colocan horizontalmente. Esto es de muy fácil explicacion, pues cuando el carbon positivo vá á la parte inferior tiene el éter que remontarse en sentido contrario de la gravedad.

El lumínico eléctrico descompuesto por un prisma, presenta un espectro enteramente igual al solar, y por lo tanto tiene las mismas propiedades químicas, lo que hace que se le emplee con muy buen éxito en los trabajos fotográficos.

Tambien produce la pila efectos mecánicos; se notan ya en las reacciones químicas que dan lugar al desarrollo eléctrico y mejor aún en el experimento de Daniell.

Para verificarlo, se toma un tubo largo con dos curvaturas en los extremos, ámbas hácia una misma direccion; llénase de agua y se pone además un globuli-

llo de mercurio. Colocado el tubo bien horizontal, si se introducen en él los reóforos de una fuerte pila, se nota que el glóbulo se pone en movimiento desde el polo positivo al negativo, y cuando la corriente es suficientemente intensa, se divide en otros muchos que toman todos rápidamente la misma direccion, impelidos por el chorro de éter que se desprende de la pila.

Los efectos químicos son los más notables, puesto que por su medio se descomponen todos los cuerpos no simples, dirijiéndose el electro-positivo al polo negativo, y el electro-negativo al positivo. Así por ejemplo, si tenemos una combinacion de oxígeno, que es el cuerpo más electro-negativo con el cobre que no lo es tanto, al descomponerla por la accion de la pila el oxigeno irá al polo positivo y al negativo el cobre. De este modo és como Davy descubrió el potasio, el sodio y el calcio, cuerpos simples, descomponiendo sus óxidos, conocidos por potasa, sosa y cal.

Uno de los cuerpos que mejor se descompone, és el protóxido de hidrógeno ó sea el agua. Para ello se emplea un aparato que recibió de Faraday el nombre de *Voltámetro,* y no consiste más que en un vaso de vidrio ó cristal taladrado en su fondo, por dos agujeritos por los que pasan unos alambres de platino en que terminan los reóforos de una pila; dichos alambres se hallan cubiertos por dos campanitas de cristal graduadas en medios milímetros. Para hacerlo funcionar, se pone agua en el vaso, se llenan las campanitas, y cerrando el circuito con los alambres, al momento se ven aparecen unas burbujitas en el interior de aquellas, mientras que tambien se vé bajar el líquido en las mismas.

Estas burbujitas son oxígeno é hidrógeno, producto de la descomposicion del líquido. El oxígeno, que como á electro-negativo va al polo positivo, se halla en un volúmen igual á la mitad del hidrójeno que vá al negativo.

Para concluir con esta parte, trataremos ahora de la aplicacion más importante que se há hecho de la accion química de las corrientes eléctricas, la *Galvanoplastia*.

Bajo el nombre de galvanoplastia se entiende el arte de modelar medallas, monedas, etc., y dorar, platear y cobrear objetos cualesquiera, aprovechando la accion química del éter en forma de corriente.

El aparato empleado en la galvanoplastía, consiste en una cuba, vaso ú otro objeto análogo de cristal ó porcelana, y en caso de ser de madera, debe dársele una capa de barniz para aislarla interiormente. Sobre este vaso se encuentran dos alambres que comunican uno con el polo positivo y otro con el negativo de una pila de uno ó dos pares de Bunsen y mejor tres ó cuatro de Daniell ó Callaud.

Si se trata de cobrear un objeto, se limpia primero con una disolucion muy acuosa de ácido nítrico, y si no es buen conductor de la electricidad, se le dá una capa de plombajina disuelta en agua; y se cuelga con un hilo metálico de uno de los alambres situados encima del vaso, en que se pone disolucion saturada de sulfato de cobre, mientras que del otro alambre se suspende una lámina de este metal. Para obtener el resultado apetecido, se hace comunicar este segundo alambre con el polo positivo y el otro con el negativo de la pila y [illegible] de algu

Si en lugar del cobreado se quiere obtener el dorado galvánico se reemplazará el líquido por una disolucion de cien partes de agua, diez de cianuro potásico y una de cloruro de oro, sustituyendo la lámina de cobre por un objeto cualquiera de este último metal. Para que el dorado quede bien es necesario que el objeto sea de cobre, plata ó platino y, en caso de no serlo, se le cobrea primero, dorándolo después. Si se quiere que el objeto quede plateado, se verificarán las mismas operaciones anteriores, sustituyendo el cloruro de oro por cianuro de plata y el objeto aurífero por otro de este metal tambien.

Para la reproduccion de monedas ó medallas y en general de grabados, hay que procurarse primero buenos moldes en hueco del objeto que se quiere reproducir, á cuyo fin se echa mano de la cera, y mejor aun de la guttapercha. Esta última es la única que actualmente se emplea, colocándola primero en un baño de agua á la temperatura de cien grados, con lo cual se la reblandece, y aplicándola luego sobre el objeto, bien limpio y dado de una capa de plombagina, á fin de que no se peguen ambos.

Luego de obtenido el molde, dásele á su vez otra capa de la misma sustancia en la cara que ha de ser reproducida, á fin de hacerlo buen conductor de la electricidad, y se le cuelga de uno de los alambres del aparato, verificándose las mismas operaciones que para el cobreado, y al cabo de veinticuatro horas se obtiene una cópia perfecta del objeto que se deseaba reproducir.

L[illegible] noplastia há dado orijen á esos magníficos y [illegible] ubiertos y demás objetos tanto de lujo

como de utilidad, llamados de *metal blanco* ó plata Ruoltz, por haber sido Mr. Ruoltz el que más ha perfeccionado el arte. El Sr. Isaura tiene montado en Barcelona un grandioso taller de esta clase de objetos, que puede competir con los mejores del extranjero, habiendo salido de dicha fábrica verdaderas obras de arte que han llamado la atencion de todos los amantes del progreso y perfeccionamiento de la industria nacional.

La galvanoplastia ha desterrado por completo el uso del antiguo procedimiento para dorar por medio de los vapores mercuriales, que tan perjudicial era para los obreros que á ello se dedicaban.

Tambien ha recibido la galvanoplastia una aplicacion notabilísima bajo todos conceptos en el *foto-grabado.*

La parte esencial de este arte maravilloso, es la produccion de una placa de gelatina bicromatada, cuyas partes atacadas por la luz, y hechas insolubles por lo tanto, presentan despues de la operacion relieves muy marcados que llegan á endurecerse hasta el punto de permitir depositar el calco en hueco sobre una aleacion de plomo y antimonio. Así se reproducen bajo leves impresiones huecas todos los detalles fotográficos y mediante la galvanoplastia se obtiene el grabado en relieve sobre una plancha de cobre, que acerada por el mismo sistema, puede, por medio de la imprenta, dar numerosas tiradas con una perfeccion inimitable,

De este modo se consigue que la fotografía pueda reproducir hasta el infinito sus efectos siempre tan sorprendentes útiles y extraordinarios.

Vamos ahora á tratar de la parte más moderna de la física y que sin embargo es la más adelantada é importante en el estudio de la electricidad.

IX.

Experimento de Oersted y consecuencias.

El célebre químico y farmacéutico danés Œrsted hallábase en 1820 practicando diversos experimentos, cuando, habiendo hecho pasar casualmente una corriente eléctrica por encima de una aguja imantada, observó con gran sorpresa que aquella aguja se desviaba, dejando de mirar al norte magnético de la tierra. Este sencillo fenómeno es el que ha hecho desaparecer de la física el nombre de *Magnetismo*, puesto que la corriente eléctrica es hasta ahora la única fuerza que ha conseguido hacer desviar la aguja imantada de su posicion ordinaria, y por lo mismo deben irremisiblemente considerase ámbas como á fenómenos de una misma naturaleza. Ya Œrsted consideró á los imanes como á un conjunto de corrientes eléctricas, pero sin precisar el modo como se hallaban en su masa, honor que cupo al inmortal Ampére algunos años despues como ya veremos.

Conociendo Œrsted la grandiosidad de su descubri-

miento, lo comunicó al momento á todas las corporaciones científicas europeas, que se dedicaron con afán á buscarle aplicaciones, siendo la primera y acaso más importante, la de poder cerciorarse por su medio de la presencia y direccion de las corrientes, á cuyo fin se establecieron varias leyes, siendo la que es mas conveniente recordar, la conocida con el nombre de *personificacion* de Ampére, que es la siguiente:

Siempre que pasa una corriente eléctrica por encima de una aguja imantada, suponiendo un observador colocado de modo que aquella le entre por los piés y le salga por la cabeza y mirando á la susodicha aguja, la verá desviarse, dirijiéndose el polo austral á su izquierda y el boreal á su derecha.

Para buscar la presencia, direccion é intensidad de las corrientes, habíase ya empleado el voltámetro, fundándose en el poder químico de la electricidad dinámica, y como á consecuencia de esto en la descomposicion del agua; puesto que si habia corriente, el líquido se descomponía, cuanta mayor fuese la cantidad descompuesta en un tiempo dado, mayor era la intensidad, y por fin, se conocia la direccion, sabiendo que en la campana en que hubiere oxígeno debia hallarse el polo positivo, en la del hidrógeno el negativo, y que la corriente de éter vá siempre en la direccion de aquel á este.

Pero este método dejaba mucho que desear, puesto que no todas las corrientes son suficientemente intensas para descomponer el agua, y por lo mismo fué sustituido inmediatamente por el de la desviacion de la aguja imantada, que obedece á las dos siguientes leyes:

1.ª La fuerza con que la corriente hace desviar la aguja, está en razon directa de la intensidad y en razon inversa de la distancia que las separa.

2.ª La accion desviadora se ejerce á través de todas las sustancias, excepto las llamadas *magnéticas*.

Schweigger tuvo la feliz idea de multiplicar la corriente, á cuyo fin arrolló alambre aislado en un bastidor de madera, en cuyo interior colocó una aguja imantada, que podia moverse libremente sobre una punta. Con esto vió que la corriente hacia desviar mucho más la aguja que cuando pasaba por la lonjitud de un solo alambre, y de ahí dió al aparato el nombre de *multiplicador* y tambien el de *galvanómetro*.

El aparato de Schweigger es ya bastante perfecto y por el pueden apreciarse corrientes de muy poca intensidad. Sin embargo, Nobili lo modificó, sustituyendo la aguja imantada por uu sistema astático, con lo que se disminuye en gran parte su tendencia á mirar al norte magnético de la tierra. En la construccion de este galvanómetro debe procurarse que el sistema de agujas no sea perfectamente astático, pues de lo contrario se anularia por completo la accion directríz de la tierra.

El aparato de Nobili, llamado tambien de Rühmkorff, por haber sido este célebre constructor de Paris el primero que tuvo el acierto de poner en práctica todas las ideas hasta entonces emitidas sobre el asunto, es de una sensibilidad tal, que por su medio se ha podido calcular la cantidad de electricidad desarrollada en las acciones químicas mas insignificantes. Esto ha hecho que en él se tenga uno de los aparatos mas importantes de la Física, no solo en el estudio de la electricidad,

sino tambien en el de una parte muy notable del calórico, como ya veremos.

Amantes nosotros ante todo de los adelantos de las ciencias españolas, cada vez que un nuevo invento ó descubrimiento verificado en nuestra pátria llega á nuestros oidos, experimentamos extraordinario placer. Y si es esta invencion del dominio de las ciencias físicas ó exactas, que con razon desgraciadamente son tenidas por rezagadas en España, la alegria que experimentamos llega á su colmo.

Decimos esto por cuanto el galvanómetro de Nobili, convenientemente modificado constituye el *galvanómetro ó reómetro de alambre variable en lonjitud y seccion,* debido á D. Francisco Bonet y Bonfill de Barcelona, que por medio de un procedimiento injenioso, desarrollo de una idea feliz, permite practicar toda clase de experimentos y averiguar la intensidad de todas las corrientes que puedan presentarse en la práctica, desde las más débiles á las más pronunciadas.

En efecto, una corriente de éter en un alambre delgado, se desliza con mucha menos facilidad que por otro de mayor diámetro. Por lo mismo, siempre que tratemos de ensayar una corriente muy débil, emplearemos un galvanómetro de este último alambre, y si es intensa, de aquel. Se comprenderá fácilmente esta circunstancia, por cuanto el éter es un cuerpo material como cualquier otro, y por lo mismo, cuanto más ancho sea el camino por donde debe pasar más desahogada y rápidamente podrá hacerlo.

Pues bien, el Sr. Bonet asoció en un mismo carrete ó bastidor alambres de diversas lonjitudes y diámetros,

lo cual nos permite emplear el que necesitemos para un determinado experimento; á más de otras muchas modificaciones secundarias, para hacer más fácil y conveniente el uso del instrumento. Lo recomendamos por lo tanto á los que deseen adquirir un aparato perfecto, con la seguridad de que no veremos frustradas nuestras aserciones.

La graduacion de todo galvanómetro tiene por fundamento la primera de las leyes que hemos citado acerca las distancias é intensidad de las corrientes, y exije mucha precaucion por parte del operador.

Y, prescindiendo de los diferentes métodos seguidos para graduar un aparato tan importante, daremos por terminado este tratado, para entrar en el de los descubrimientos mas notables á que ha dado lugar el experimento de Œrsted.

X.

Accion de las corrientes sobre si mismas.

Apenas Ampére tuvo conocimiento del descubrimiento de Œrsted, sentó la base de que los fenómenos magnéticos eran efecto de la electricidad, y por lo mismo, se dedicó asiduamente á practicar experimentos y plantear leyes que vinieran en apoyo de su teoría, siendo los primeros trabajos que verificó los referentes á la accion que ejercen las corrientes eléctricas sobre si mismas.

Á este efecto, consideró primero las rectilíneas, sobre las cuales fundó las leyes siguientes:

1.ª Dos corrientes paralelas y en un mismo sentido y direccion, se atraen.

2.ª Dos corrientes paralelas y en direccion y sentido contrario, se repelen.

3.ª Dos corrientes angulares, que concurran ó se aparten ambas de un mismo punto, se atraen.

4.ª Dos corrientes angulares, de las cuales una vaya y otra venga del mismo punto de concurso, se repelen.

Y 5.ª Una corriente sinuosa es igualmente enérjica que otra rectilínea de igual lonjitud.

Para demostrar estas leyes, inventó un aparato llamado *sustentáculo de corrientes móviles* ó *mesa universal de la electro-dinámica,* al que se han dado diversas disposiciones, siendo la más generalmente adoptada la siguiente:

Una mesa ó tabla de madera, en la cual se elevan dos columnitas metálicas de diferente lonjitud, y encorvadas en ángulo recto, terminadas por dos cubitos, metálicos tambien, huecos y llenos de mercurio, en cuyo fondo se encuentra un pedacito de cristal ó mejor de ágata bien pulimentada. En estos cubitos pueden apoyarse los extremos del alambre conductor que desempeña el papel del corriente móvil, y que por la segunda columnita comunica con otra corriente ó con una série de las mismas, dispuestas convenientemente para comprobar las leyes.

Hace algunos años el doctor D. Antonio Rave, catedrático de Física de la Facultad de Ciencias en la Universidad de Barcelona, dió á este aparato una forma que le hace sumamente sensible, por impedir cási por completo el rozamiento. Consiste en un pié de madera de forma triangular, en cuyo centro se eleva un cilindro metálico hueco, que lleva en la parte superior una copita de hierro, é inferiormente tiene soldado un alambre de cobre que se halla en comunicacion con el foco eléctrico, pasando por su interior otro alambre tambien de cobre y aislado, que termina en una copita de acero muy pulimentada, que comunica á su vez con el segundo polo de la pila y se halla aislada del cilindro por medio de una pieza de marfil.

Como ha podido verse, el aparato del Dr. Rave es mucho mas sencillo, exacto y económico que los demás, circunstancias todas que lo hacen muy apreciable y que honran á su ilustre inventor, que ha sabido reunir en él todas las condiciones necesarias para hacerlo perfecto.

Á más de las leyes citadas anteriormente, Ampére estableció otra que la demostracion y el raciocinio han demostrado ser inexacta. Esta ley es la siguiente:

Dos porciones de un mismo conductor por qué circule una corriente, se repelen entre sí.

Esto creyó demostrarlo mediante el siguiente experimento.

Tomó una tablita de madera gruesa, en la que practicó dos anchas ranuras que llenó de mercurio y, flotando en el líquido, colocó un alambre dispuesto de modo que se mantuviese equilibrado en aquella disposicion, observando que al sumerjir los reóforos de una pila en el mercurio, el alambre se ponia en movimiento en direccion del chorro de éter de la corriente. En este caso, Ampére creia que el mercurio y el alambre eran una sola corriente rectilínea, pero en rigor, aquí hay el caso de las corrientes angulares puesto que no se hallan en un mismo plano la superficie del mercurio con la superior del alambre.

Cuando se tienen dos corrientes cruzadas en forma de aspa, giran hasta colocarse paralelamente y en un mismo sentido, y por lo mismo, cualquiera que sea su direccion, se atraen.

Una corriente circular, movible al rededor de un eje vertical, gira hasta colocarse perpendicularmente al me-

ridiano magnético de la tierra. Esta es la ley que há determinado la union del magnetísmo á la electricidad, demostrándose experimentalmente mediante unos aparatos llamados *solenoides*.

Un solenoide no es mas que un sistema de corrientes circulares dispuestas de modo que puedan girar libremente sobre los puntos de apoyo de la mesa Universal.

Generalmente consiste en un alambre arrollado en hélice, hélice que se halla atravesada interiormente por una corriente rectilínea formada por la continuacion del mismo alambre. ¿Cual es el objeto de esta corriente rectilínea? Vamos á demostrar que sirve para hacer que cada una de las espiras de la hélice se convierta en una corriente circular perfecta.

Una hélice es, como se sabe, la curva que describe la hipotenusa de un triángulo rectangulo al arrollarse en una superficie cilíndrica. Pues bien, suponiendo la hélice dividida en espiras y fijándonos en una de ellas, si se trazan las generatrices del cilindro, dicha espira quedará dividida en una série de partes iguales que pueden considerarse como á líneas rectas, puesto que toda curva se concibe idealmente como á una línea formada de rectas infinitamente pequeñas. Sabemos tambien que una corriente sinuosa es igual á otra rectilínea de la misma lonjitud, y por esto, si se trazan perpendiculares á cada una de las generatrices del cilindro, de modo que corten á todas las partes en que ha quedado dividida la espira, tendremos á esta convertida en una série de corrientes sinuosas formadas por una de las perpendiculares y el trozo de generatriz comprendido entre su extremo y el punto de intersec-

cion de la espira con dicha generatriz. Ahora bien, la proyeccion de todas estas porciones de generatriz, nos da una corriente igual, paralela y en sentido contrario de la rectilínea que se hace pasar por el interior de la hélice, y que por lo mismo como á fuerzas iguales y contrarias se destruyen, quedando no mas que las perpendiculares, cuya suma nos dá una corriente circular, enteramente igual á la seccion transversal del cilindro sobre que se supone arrollada la hélice: quedando por lo tanto demostrada la proposicion.

La tierra ejerce una accion directriz sobre los solenoides. En efecto, si suspendemos uno de las cápsulas ó copitas de la mesa universal, y establecemos la corriente con una pila de ocho ó diez pares de Bunsen, el solenoide girará hasta ponerse en direccion del meridiano magnético.

Si, establecida la corriente en un solenoíde, le acercamos otro por el que circule una segunda corriente, podrá acontecer que ámbos se atraigan ó se repelan. Esto há dado lugar á que en los solenoides se consideren dos polos, *boreal* y *austral*, y á que se haya planteado la ley de que los polos de un mismo nombre se repelen, atayéndose los de nombre contrario; siendo esto mero efecto de la atraccion y repulsion que ejercen las corrientes sobre sí mismas.

Las corrientes eléctricas obran sobre los solenoides del mismo modo que sobre la aguja imantada del experimento de Œrsted; y lo mismo que en esta, la fuerza desviadora es tanto mayor cuanta mas multiplicada es la corriente.

Y, hechas estas advertencias, que ponen en evidencia

la hipótesis de Ampére, que explicaremos, vamos á tratar del *Magnetismo*, incluido hoy entre los variados efectos producidos por la electricidad dinámica ó en movimiento, pues los experimentos anteriormente citados y otros muchos que expondremos, no dejan ya duda alguna sobre este particular.

XI.

Magnetismo.—Idea general.

A principios de este siglo hubiéramos definido el magnetismo diciendo que era el *ajente físico* ó la *propiedad de fuerza* en virtud de la cual algunos cuerpos tienen tendencia á atraer el hierro el acero, el cobalto, el cromo, el nikel etc... Hoy dia es ya inadmisible esta definicion, como tambien lo es la palabra *Magnetismo*, tomada en su primera acepcion, que la mano de la verdad ha borrado ya del luminoso catálogo de la ciencia.

Los conocimientos primitivos del magnetismo datan ya de muchísimos siglos, como los de la electricidad estática, y el mismo Thales de Mileto cita la siguiente anécdota, refiriéndose el descubrimiento del imán:

Hallábanse un pastor apacentando su rebaño, sentado en el suelo con el cayado, terminado por una puntera de hierro, y los zapatos claveteados de este mismo metal apoyados sobre una piedra negra, cuando, habiendo observado que un cabrito se separaba mas que el

resto del ganado, se levantó para hacerle ir á pacer junto con las demas ovejas. Pero, ¡oh maravilla! al ir á verificarlo, quedó como clavado en aquel sitio, del cual no pudo salir sinó dejando sus zapatos y el cayado adheridos á la susodicha piedra negra.

Así se cuenta que tuvo lugar el descubrimiento de los imanes. Podrá ser verdad pero no por esto deja de ser superlativamente inverosímil.

Bajo el nombre de *iman* entendíase antes todo cuerpo dotado de la propiedad de atraer el hierro, el acero y otros cuerpos de menos importancia; pero segun las teorías modernas, un iman no es mas que una série de corrientes circulares establecidas en la masa de un cuerpo, y por consiguiente, en su esencia, un *solenoide*.

Divídense en *naturales* y *artificiales*. Los primeros, que se hallan en la Naturaleza, son una combinacion de un protóxido con un sesquióxido de hierro, formando un cuerpo á que los mineralojistas han dado el nombre de *hierro magnético*; y los segundos son producidos por la mano del hombre.

En un iman deben considerarse los *polos* y la *línea neutra*. Los polos de un iman son dos puntos situados casi en los extremos del mismo y en los cuales la intensidad de las corrientes circulares es mayor, ó sea la fuerza magnética está en su máximum; y la línea neutra es una línea ideal equidistante de los polos y privada de la facultad atractiva.

Los polos de nombre contrario se atraen, repeliéndose los de un mismo nombre, fenómeno enteramente igual al que sucede en los solenoides, y que, como ya diremos, reconoce la misma causa. Dichos polos reci-

ben tambien los nombres de boreal el uno y austral el otro.

Se conoce que la fuerza de un iman se halla principalmente en los polos, revolviéndole entre limaduras de hierro, y se ve que en los extremos se forman unos penachos á modo de cabellera, mientras que en la línea neutra apenas son atraidas las limaduras. Algunos imanes presentan acumulacion de éter ó fuerza magnética en puntos distintos de los polos, puntos á que se ha dado el nombre de *consecuentes*. Son un gran defecto principalmente en las agujas destinadas á las brújulas.

La intensidad de las atracciones y repulsiones magnéticas está en razon inversa del cuadrado de la distancia de los polos. Esta ley, fundada en las electro-dinámicas de Ampère, fué demostrada por Coulomb mediante un aparato casi igual á su balanza, de que hemos hablado al principio de la electricidad estática.

Dáse el nombre de cuerpos *magnéticos* ó *paramagnéticos* á aquellos que tienen la propiedad de ser atraidos por el iman, recibiendo el de *diamagnéticos*, los que son insensibles á la accion de las corrientes circulares.

Coulomb, para explicar la teoría del magnetismo, estableció una hipótesis muy parecida á la de Symmer; en efecto, admitia la existencia de dos *fluidos magnéticos* sutilísimos, imponderados, capaces de combinarse en grandes cantidades con ciertos cuerpos y dotados de la propiedad de atraerse mutuamente, repeliéndose cuando eran de un mismo nombre. Estos fluídos se llaman *boreal* el uno y *austral* el otro. Se decia tambien que combinados ámbos en partes iguales, producen el

fluido magnético *natural*, que puede descomponerse en sus dos elementales, como en efecto lo verifica en todas las moléculas de los imanes, haciendo que el uno se dirija á un extremo y el otro al otro, dando este lugar á que concentrándose en puntos fijos, se orijinen los polos y puntos consecuentes.

Ampére, fundado en el estudio y propiedades de los solenoides, estableció otra hipótesis que explica los fenómenos magnéticos de la manera mas perfecta. Este sabio físico consideró á los imanes como á verdaderos solenoides, suponiendo todos los átomos materiales rodeados por una corriente eléctrica circular ó rectangular (puesto que idénticas propiedades tienen estas que aquellas,) situadas todas en planos perpendiculares al eje del mismo: de modo que sumando todas las contenidas en un mismo plano, por ir en un mismo sentido y direccion, hallaremos una resultante representada por una corriente que circula en contorno de la seccion del imán; y la suma final de todas estas resultantes, nos dará una resultante total constituida por una corriente en hélice que circula superficialmente desde el polo boreal al austral.

El fenómeno que viene mas en apoyo de esta teoría, es la accion directriz de la tierra sobre los imanes. La hipótesis antigua suponia hallarse un iman en el eje de la tierra, cuyos polos magnèticos terminaban cási en los terrestres. Esta teoría es muy atrevida y no se halla acrisolada por la demostracion como la moderna, que considera á la tierra como á un gran solenoide.

Pero, ¿á que causa son debidas las corrientes eléctricas circulares de que indispensablemente debe constar

todo solenoide? podrá refutarse por aquellos que no se fijado bien en la cuestion. Son corrientes *termo-electricas,* de que luego hablaremos, producidas por la accion calorífica de la irradiacion solar sobre la superficie terrestre.

Si quedamos convencidos con el hecho anterior de las ventajas de la teoría de Ampére mas deberemos quedarlo de fijo, después de haber analizado el que vamos á exponer, qu no deja ya duda alguna acerca la cuestion.

Háse notado que si se corta un iman en varios pedazos, cada uno de ellos queda convertido en un iman perfecto de dos polos. Este hecho, inexplicable por la hipótesis antigua, se halla demostrado muy ampliamente por la moderna.

En efecto, esta explica la atraccion de los polos contrarios y la repulsion de los de un mismo nombre en los imanes, por los efectos de la accion de unas corrientes sobre otras y de unos solenoides sobre otros.

Las corrientes termo-eléctricas del gran solenoide terráqueo ván siempre de derecha á izquierda y del polo austral al boreal de la tierra: Igualmente sucede en los imanes. Luego si se atraen los polos de nombre contrario es porqué las corrientes van en ambos en una misma direccion, y si se repelen entre si los de un mismo nombre es porqué las corrientes que circuyen las moléculas de ambos van en sentido contrario.

Ahora bien, en un iman, por largo que sea, toda la corriente helizoidal va del polo austral al boreal. Luego si se le corta en varios pedazos, en cada uno de ellos quedará establecida la misma corriente, constando por lo

tanto de dos polos por pequeños que aquellos sean, á consecuencia de no alterarse ni la direccion ni el sentido de la misma.

Dada ya una idea general del antiguo magnetismo físico pasemos ahora á hablar de esos aparatos llamados *brújulas*, cuyo conocimiento ha proporcionada á la ciencia tan grandes descubrimientos geográficos.

XII.

Declinacion é Inclinacion magnética.

Si suspendemos libre y horizontalmente y de modo que pueda girar sobre una punta, una aguja imantada, observaremos que después de varias oscilaciones, quedará fija con el polo boreal mirando al sud, y el austral en direccion del norte magnético de la tierra.

Esto se explica muy facilmente. En efecto: la tierra, como ya hemos dicho es un verdadoro solenoide, cuyas corrientes termo-eléctricas van constantemente de este á oeste; y como el solenoide en esta disposicion tiene el polo boreal al norte y el austral al sud, por efecto de la influencia ejercida sobre la aguja imantada, esta se colocará con los polos invertidos respectivamente á los de aquel.

Los polos magnéticos no coinciden exactamente con los terrestres, y al ángulo formado por los meridianos terrestre y magnético, se le dá el nombre de *declinacion*.

La declinacion magnética no existe cuando ambos

meridianos se confunden. Tal sucedió en Paris el año 1663, antes de cuya fecha era oriental, habiendo llegado en 1580 á 11° 30' este. Desde el citado año de 1663 la declinacion es occidental, aunque desde algunos años á esta parte tiene tendencia á volver á Oriente. Actualmente la declinacion magnética es proximamente de unos 19° 30' en Madrid.

Estas variaciones de declinacion reciben el nombre de *seculares*. Existen además otras á que se ha dado el nombre de *regulares* ú *horarias*, que reconocen por causa la diferente intensidad relativa del calórico radiante solar que obra sobre la tierra. Estas hace mucho tiempo que se observan en París del modo siguiente:

Al salir el sol la aguja imantada se dirije algunos segundos y hasta á veces minutos al oeste, volviendo á su posicion primitiva desde las tres de la tarde á las once de la noche, durante la cual permanece estacionaria.

La tendencia constante de la aguja á mirar al norte magnético de la tierra, ha sido aplicada á la construccion de las llamadas *brujulas de declinacion*, importantes por los grandes servicios que prestan á la Geografía á la Geodesia y á la ciencia en general. Esta brújula tiene diferentes disposiciones, siendo las más notables la brújula de agrimensor, la de marino y la de declinacion propiamente dicha.

La brújula de agrimensor consiste en una caja prismática de poca altura, en el interior de la cual se encuentra un círculo dividido en 360 grados, que tiene en su centro una punta finísima de acero y mejor de ágata, sobre la que se apoya una aguja imantada. En una de

las partes laterales del instrumento se encuentra un anteojo que sirve para dirijir visuales, llamado *alidada*, y además se hallan en el aparato dos niveles de burbuja de aire dispuestos convenientemente en ángulo plano y recto. Se emplea esta brújula en geodesia para la medicion de los ángulos en los terrenos.

La de marino es esta misma, con la sola diferencia de que la caja es de mayor altura, generalmente circular, con una abertura lateral para iluminarla de noche por debajo; carece de alidada y tiene en el círculo dibujada la rosa de los vientos. Generalmente se halla colocada en la popa de los buques, y se la sostiene mediante el sistema de suspension de Cardan, que permite que el aparato esté siempre en posicion horizontal, cualquiera que sea el movimiento de vaiven del buque.

Y por fin, la verdadera brújula de declinacion, que se emplea en los observatorios, es enteramente igual á la primera, con solo ser de mayores dimensiones y tener un nonio ó vernier que permite medir hasta los segundos en las que estan bien construidas. El nivel de burbuja de aire se halla colocada convenientemente, y la alidada es movible y se encuentra situada en la parte superior del instrumento.

Dáse el nombre de *inclinacion* magnética al ángulo que forma con el horizonte el plano de la aguja imantada suspendida libremente sobre su centro de gravedad. La inclinacion de la aguja es tanto mas pronunciada cuanto mas cerca del polo está. En efecto, en los mares glaciales del Norte llega casi á 90 grados, mientras que en los paises del Ecuador es nula, pues obedece este fenómeno á la primera ley de la galvanometria, que se

refiere á la intensidad de las atracciones y repulsiones, comparada con el cuadrado de la distancia que separa á las corrientes que entran en el experimento.

Á consecuencia de esto, llámase ecuador magnético al circulo máximo de la tierra en que la inclinacion no existe, dándose el nombre de polos magnéticos, á aquellos puntos de la superficie terrestre en que llega á 90°. Estos se hallan muy cerca de los terrestres, aun cuando no se confunden con ellos. De esto proviene la declinacion.

La inclinacion magnética experimenta tambien variaciones seculares, horarias é irregulares.

Para medir la inclinacion magnética de un lugar, se emplea la llamada *brújula de inclinacion,* qne consiste en un limbo vertical graduado, en el centro del cual, y sobre dos puntos de suspension de ágata muy pulimentados se apoya mediante dos puntitas finísimas de acero una aguja imantada. Todo esto puede girar sobre otro limbo, graduado tambien, y sostenido horizontalmente por un pié de gallo. Para medir la inclinacion que se busca, se coloca el aparato en direccion del meridiano magnético y se cuenta el número de grados que hay desde el cero inferior del limbo vertical hasta el punto en que se para la aguja imantada.

Bajo el nombre de *agujas astáticas*, se entienden aquellas agujas imantadas que no obedecen á la accion directríz de la tierra. Las hay dispuestas de diferentes modos, siendo la más empleada la que se compone de dos agujas sencillas situadas en un mismo eje con los polos invertidos. En este caso, si las agujas son perfectamente de una misma fuerza, no tendrán tendencia

á ir al norte ni al súd de la tierra, por equilibrarse en ambas la fuerza que á ello les obliga.

En la práctica, nunca ambas agujas tienen igual fuerza en las corrientes circulares que rodean sus átomos materiales, y de ahí el que se las llame, aunque impropiamente *semi-astáticas*, por obedecer algun tanto á la accion directríz de la tierra. Son importantes en el estudio de la electricidad, por constituir el principio del galvanómetro ó multiplicador de Ruhmkorff ó de Nobili de que ya hemos hablado.

Para concluir con el tratado del magnetismo y entrar en el de las aplicaciones de la electricidad dinámica, vamos á exponer en el capítulo siguiente los diferentes procedimientos de imantacion que se emplean actualmente para la obtencion de toda clase de imanes artificiales.

XIII

Imantacion y conservacion de los imanes.

La imantacion es, segun la hipótesis de Coulomb, el acto en virtud del cual se descompone el fluido natural de los cuerpos magnéticos, concentrándose los elementales en los polos de su respectivo nombre, y pasando dichos cuerpos al estado especial de imanes verdaderos.

Para comprender bien la definicion que la teoría moderna ó de Ampére da de la imantacion, es preciso que digamos ántes algunas palabras acerca los cuerpos magnéticos.

En todos estos cuerpos, en el estado normal, los átomos materiales que los forman se hallan rodeados de una corriente circular de átomos etereos. Mas como estas corrientes ván en direccion y sentido cualquiera, no puede formarse la resultante total, por destruirse la accion de unas con la de otras. Luego, si por medio de una fuerza especial logramos ordenar dichas corrientes, tendremos al cuerpo magnético convertido en un iman.

La imantacion es por lo tanto, segun la teoría de Ampère el acto en virtud del cual las corrientes eléctricas que se encuentran desordenadas al rededor de las moléculas, toman todas una misma direccion, dejando al cuerpo rodeado de una corriente circular total, que es la resultante de todas las parciales, que pueden considerarse como á fuerzas iguales y que obran en una misma direccion y sentido.

Los cuerpos magnéticos, y principalmente el hierro y el acero pueden ordenar las corrientes de su masa por medio de la influencia de un iman. Al primero le basta el contacto, al segundo le es precisa la frotacion. En cambio el hierro dulce queda instantaneamente desimantado así que se le separa del iman influyente, no sucediendo lo propio con el acero, que queda convertido en un iman verdadero.

Llámase *fuerza coercitiva* en un iman, segun la hipótesis antigua, á aquella fuerza que se opone á la descomposicion del fluido natural, y una vez descompuesto, á la recomposicion de sus elementales. La teoría moderna de Ampére, define la fuerza coercitiva diciendo que es aquella que se opone á la ordenacion de las corrientes circulares que rodean los átomos, moléculas y partículas de los cuerpos magnéticos, y una vez ordenadas, impide su desórden. En el hierro dulce es nula, siendo relativamente muy grande en el acero.

Los primeros imanes artificiales que se obtuvieron fueron los que se construian frotando un pedazo de acero contra un iman natural. Hoy dia se ha abandonado este sistema, por haberse inventado otros varios mas provechosos y cómodos, siendo de este número los que vamos á exponer.

La accion de la tierra puede dar imanes artificiales. En efecto, si se pone un alambre de hierro dulce en posicion vertical, queda instantaneamente imantado, con el polo boreal en la parte superior. Si en este caso se le coloca horizontalmente se desimanta al momento, y si quiere aprovecharse su propiedad se le tuerce de modo que quede muy quebradizo y á punto casi de romperse, en cuyas circunstancias queda imantado de un modo permanente. Este método da unos imanes de muy poca potencia, y de ahí el que no se le emplee sinó en casos muy contados.

Despues de este método, el mas sencillo es el de *simple contacto*, esto es el de imantar agujas, baras, láminas, etc., de acero, mediante el frotamiento por medio de un solo polo de otro iman. Este da tambien muy poco resultado, y por esto no se le emplea mucho.

Uno de los métodos de fricciones mas usado es el de *doble contacto,* que consiste en hacer deslizar sobre el objeto que se intenta imantar, dos imanes separados por un taruguito de madera, y de modo que los polos contrarios se correspondan; debe procurarse que ámbos extremos de la barra reciban el mismo número de fricciones.

Por fin, el procedimiento de esta clase que da mejores resultados es el de *contacto separado*, que consiste en aplicar en sentido inclinado en medio de la barra dos imanes por los polos contrarios, haciendo deslizar uno hácia cada extremo. Las fricciones deben siempre principiar en el centro de la barra.

Duhamel ha modificado estos dos últimos métodos. Sin embargo, no expondremos sus modificaciones, por

la poca importancia que revisten en la actualidad, á consecuencia de haber sido sustituidos todos los procedimientos de fricciones por el de corrientes eléctricas que luego explicaremos.

Danse á los imanes diferentes formas y disposiciones y acostúmbraselos á reunir en grupos llamados *manojos magnéticos*; en estos la fuerza total es siempre menor que la de la suma de los imanes componentes.

Bazin inventó unos imanes en que la fuerza es mayor que la de uno recto de igual lonjitud. Nos referimos á los llamados *imanes en herradura*. En efecto, dándoles esta forma, obran los dos polos á un tiempo sobre el cuerpo atraido, y como á consecuencia lójica, la atraccion es mayor.

Llámanse *armaduras* unas piezas de hierro dulce que se aplican directamente á los imanes, sirviendo al propio tiempo de sosten al cuerpo que se trata de mantener sin apoyo inferior.

Para la conservacion de los imanes, hay que tener en cuenta las siguientes reglas.

Cuando el iman se encuentra libre sobre un eje vertical, abandónesele á si mismo sin oponerle ningun obstáculo. Si se halla el iman colocado verticalmente, en nuestro hemisferio es conveniente que tenga el polo austral en la parte inferior. Puede conocerse muy facilmente que estas reglas se deducen de las leyes de la accion de las corrientes sobre si mismas, que en este caso son las del iman y las del solenoide terrestre.

En cuanto á los imanes en herradura, no puede añadírseles peso bruscamente, pues de lo contrario, si la armadura ó contacto llega á desprenderse, se pierde gran parte de la fuerza magnética.

Vamos ahora á exponer el procedimiento de imantacion por medio de corrientes eléctricas.

Si se toma una barra ó lamina de hierro dulce y se arrolla á su alrededor un alambre aislado, haciendo pasar una corriente por este alambre, queda el objeto instantaneamente imantado; si en lugar de ser de hierro dulce es de acero el objeto que se trata de imantar, asi como aquel pierde la imantacion desde el momento en que cesa de pasar la corriente, este queda imantado de un modo perpétuo.

Obtiénese el mismo resultado empleando una *hélice magnetizadora*, que no es mas que un cilindro hueco de madera, carton, cristal ú otra sustancia aisladora, sobre el cual se arrolla alambre de cobre recubierto de seda para que sea multiplicador el efecto de la corriente. Colocando los objetos en el interior de este cilindro y haciendo pasar una corriente, se obtienen los mismos resultados que en el caso anterior.

Llámase *dextrorsum* aquella hélice en que, supuesta vertical, el alambre se arrolla de arriba á abajo y de izquierda á derecha, y *sinistrorsum* aquella en que el susodicho alambre vá de derecha á izquierda, en las mismas condiciones anteriores. En la hélice *dextrorsum* el polo boreal se halla siempre á la entrada de la corriente y el austral á la salida, sucediendo todo lo contrario cuando es *sinistrorsum*, en que el polo boreal se halla á la salida y el austral á la entrada.

Llámanse *electro-imanes* unos aparatos formados por una barra de hierro dulce á la que se arrolla alambre de cobre recubierto de seda. Generalmente suele hallarse la barra metida en un carrete de madera, sobre

el cual va arrollado el alambre. Pueden hallarse dispuestos de varios modos, siendo la forma que mas generalmente se adopta la de herradura, y aun mas la de dos electro-imanes rectos, unidos por una barrita de hierro dulce.

En los electro-imanes nunca el hierro es suficientemente puro para desimantarse instantaneamente. De ahí procede el llamado *magnetismo remanente*, que es tan solo una consecuencia de la fuerza coercitiva. Segun Poggendorff, se vence interponiendo entre el contacto y los polos del electro-iman una hojuela de papel de fumar, lo cual suele hacerse generalmente en los telégrafos eléctricos.

La fuerza de los electro-imanes es muy superior á la de los imanes comunes, habiéndose construido algunos cuyos resultados han sido sorprendentes. Cítase entre ellos el de Pouillet, que llegó á sostener nada menos que mil y pico de kilógramos.

De la propiedad que tienen los electro-imanes de imantarse y desimantarse por influencia de la corriente, han nacido esos maravillosos y sorprendentes aparatos conocidos bajo el nombre de *telégrafos eléctricos*, cuyo estudio, aúnque breve, nos ocupará en el capítulo siguiente.

XIV.

Telegrafía eléctrica.

La más importante sin duda de todas las aplicaciones de que ha sido objeto la electricidad, es la transmision de noticias de unos puntos á otros, que en la actualidad constituye un poderoso auxiliar del comercio, de los ferro-carriles, y de la sociedad en general.

Los aparatos empleados para este objeto reciben el nombre de telégrafos eléctricos, y los hay de diversas clases, siendo su uso exclusivamente moderno.

Ya desde remotísimos tiempos se conoció la necesidad de la transmision de noticias con rapidez; pero, como la ciencia se hallaba sumida aun en el inmenso piélago del futuro porvenir, no se halló otro medio que el de las humaredas y fogatas, que pudiendo ser vistas desde grandes distancias, se encendian en los puntos mas elevados de las comarcas y marcaban de este modo la presencia de alguien en ciertos sitios. Este procedimiento se empleó, particularmente en las guerras,

hasta últimos del siglo XVII, en que tuvo lugar el descubrimiento del *telégrafo óptico*,

El planteamiento de tan importante invencion no dejó de ofrecer sus dificultades, á causa de la ignorancia en que se hallaban sumidos los pueblos, que consideraban todo lo utilizable y sorprendente, como á parto de la májia, de la diablura y de la brujería.

En efecto, despues de muchos y detenidos estudios Mr. Chappé, fundado en el principio del anteojo descubierto por Hook, presentó su proyecto de telégrafo óptico ó aéreo, y el populacho brutal, destruyó con el mayor salvajismo sus aparatos y edificios-estaciones, faltando poco para que el mismo pereciera en la reyerta. En la segunda vez que intentó establecer su telégrafo, logró apenas salvar el aparato de la furia popular, y para utilizar su invento, el Gobierno francés, despues de examinar el aparato y calcular las ventajas que su uso podría reportar, honró a dicho señor con el título de Ingeniero telegráfico del Estado.

Bajo la garantía de este nombramiento, construyó los edificios y aparatos necesarios y en 1744 tuvo la gloria de inaugurar el telégrafo óptico de París á Lille, mediante el cual, logró poner en comunicacion estas dos ciudades en el breve espacio de tres minutos.

Luego fué extendiéndose el uso del telégrafo óptico por las otras naciones. En el año de 1795 lo adoptaron la Inglaterra y la Suecia; en el de 1802 la Dinamarca, posteriormente fué introducido en la India y adoptado por el virey de Ejipto, etc. Pero, sin pretender negar los servicios que ha prestado este telégrafo, debemos hacer notar que es sumamente imperfecto, y que desde

que empezó á establecerse el eléctrico, ha ido decayendo hasta hallarse en la actualidad reducido á muy pocos puntos.

En todo telégrafo eléctrico entra indispensablemente un alambre conductor, que puede hallarse suspendido en el aire, ser subterráneo ó pasar por el fondo de los mares.

En el primer caso le sostienen unos apoyos aisladores de porcelana, que segun su forma dan al sistema de suspension el nombre de *frances*, *ingles*, *aleman*, *norte-americano*, etc. Cuando el alambre pasa por debajo tierra ó por el fondo del mar, se le recubre de una capa de guttapercha ó *cautchouc* endurecido, de modo que lo aisle perfectamente, al rededor de cuya capa se arrollan gruesos alambres de acero en hélices muy prolongadas, sostenidos por anillos de laton, á fin de reforzar é impedir la ruptura del cable.

Entre los cables submarinos, es notable el que une á la Europa con el nuevo Mundo por Irlanda y Terranova, que es una de las maravillas del siglo XIX. No será ocioso el decir algunas palabras hacerca el establecimiento de esta inmensa línea telegráfica.

El honor de tan atrevido pensamiento pertenece exclusivamente á los norte-americanos. El profesor y célebre físico Morse, practicó una série de importantes experimentos, y despues de un largo estudio y profundo cálculo, anunció que la corriente eléctrica podia atravesar las inmensidades del Océano Atlántico.

La satisfaccion que produjo esta noticia fué coronada por el descubrimiento que hizo el Capitan Mauri de una gran llanura situada en el fondo del mar, entre Irlanda

y Terranova, que debia facilitar mucho el establecimiento de la línea, por lo cual se le dió el nombre de *meseta telegráfica.*

Esto coincidió con la venida á Inglaterra de Mister Ciro Fields, representante de la Compañía telegráfica de Terranova, y despues de varias conferencias entre este y las personas mas importantes de la Gran Bretaña, se acordó la formacion de una Compañía, que con el capital de 450.000 libras esterlinas, divididas en trescientas cincuenta acciones de mil libras cada una, y el título de «*Atlántic telegraph Company*», se encargó de la construccion de esa obra tan admirable, que contemplamos hoy dia aun con la éxtasis mas profunda, al fijarnos en su grandiosidad bajo todos conceptos colosal.

La principal cuestion que faltaba resolver aun, era la de la estructura, peso y composicion del cable. Si se hubiera construido como el descrito por modelo, que era el empleado en la línea de Dovres á Calais, que une á la Inglaterra con Francia, su peso hubiera sido excesivo á consecuencia de la gran distancia que habia de recorrerse. (1) Así es que se presentaron otros modelos, siendo aceptado uno, constituido por siete alambres de cobre retorcidos, formando una cuerda metálica destinada á ser conductura de la corriente. Esta cuerda se hallaba recubierta por una capa de guttapercha y cáñamo embreado, tan delgada como permitia el completo

(1) La distancia que media desde Irlanda á Terranova es de 2620 Kilómetros. Contando pues otros mil, que no es mucho contar, para rodeos y desviaciones del cable, tendríamos que el peso de este hubiera debido ser nada menos que el de veinte mil toneladas.

aislamiento en que debia hallarse el alambre ó cuerda metálica destinada á conducir la corriente; todo lo cual se hallaba reforzado por un envoltorio metálico tambien, formado por diez y ocho alambres de hierro de 9 cabos cada uno, arrollados en hélice prolongada al rededor de la capa resinosa. De este modo se disminuia en gran manera el peso del cable, habiéndose llegado a reducirlo á 2 tercios de tonelada por kilómetro. Construido todo, se embarcó por mitad en los dos grandiosos vapores *Agamenon* y *Niágara*, inglés el primero y norte-americano el segundo, y entre los bravos de la muchedumbre y despues de haber amarrado un extremo en tierra, se hicieron á la mar ámbos buques el dia 5 de Agosto de 1859. Despues de seis dias de marcha, y de haber tendido 608 kilómetros de cable, el Ingeniero que dirijia la operacion observó que se soltaba con demasiada presteza y ordenó que se fuese verificando mas moderadamente. Pero, habiendo apretado demasiado el freno, llegó un punto en que, no pudiendo resistir la cuerda la tension á que se la sujetaba, se rompió precipitándose en el abismo, cuando se hallaban los buques sobre un fondo de 3480 metros, segun cálculo de la tripulacion, confirmado por los sondajes verificados de antemano por el personal facultativo de la gran Empresa telegráfica.

Este desgraciado incidente produjo hondo efecto en el ánimo de los sócios; pero no por eso se desanimó la Compañía, sinó que al contrario, procuró reunir nuevos fondos y logró un año despues tender otro cable igual al anterior. El júbilo que produjo esta noticia es indescriptible, pero vióse de pronto desvanecido por la

mas amarga decepcion, puesto que tan solo se lograron cruzar dos despachos entre la Reina de Inglaterra y el Presidente de la gran República de los Estados-Unidos, despues de lo cual, rompióse el cable y quedó sumerjido en todo el trecho.

Quebrantada de nuevo, aunque no desanimada la Compañía, trató aún de hacer otra tentativa, y despues de infinitos esfuerzos logró reunir un capital efectivo de cerca quince millones de pesetas, con el cual se propuso tender de nuevo el cable, aunque en diversas condiciones que los anteriores, á cuyo efecto le fueron presentados varios modelos, siendo aceptado el de los señores Glass, Elliot y Compañía, enteramente igual á los anteriores, con mas un envoltorio exterior de cuerda embreada, que aumentaba en gran manera su resistencia.

Esta vez en lugar de recurrir á dos buques para la conduccion del cable, se echó mano de las grandes proporciones del Coloso de los mares, del *Great Eastern*, que cargó con todo él y zarpó en Julio de 1863 de la bahia de Valentia, en Irlanda, escoltado por el *Terrible* y el *Sphinx*, buques acorazados de la marina de guerra inglesa.

Íbase todo verificando segun los deseos de la Compañia y del mundo en general, esto es, satisfactoriamente, cuando á las cinco y media de la mañana del dos de Agosto, hora en que ya quedaban tendidos 1930 Kilómetros, notóse una falta en el cable á la distancia de unos nueve mil metros, y al ir á pescarlo, como se habia hecho otras tres veces, se rompió en medio de la desesperacion de los que dirijian la maniobra. Inau-

ditos fueron los esfuerzos que se hicieron para pescarlo pero despues de cuatro tentativas infructuosas, como sobreviniese una tempestad, se marcó con boyas aquel sitio y los buques regresaron á Irlanda.

No desanimada aun del todo la Compañia apesar de tan dolorosos contratiempos, hizo al fin un esfuerzo supremo, y contrató por cincuenta millones de reales un nuevo cable y la pesca del sumerjido á la Compañia denominada: «*Telegraph conotruction and maintenance Company*»; animándole la esperanza de poder tener, en caso de salir bien la tentativa, dos cables tendidos entre Europa y el Nuevo Continente..

Esta vez por fin vióse recompensada la Empresa con el más felíz éxito, puesto que los buques que salieron de Irlanda á fin de tender el precitado cable hicieron el viaje y practicaron las operaciones necesarias con la mayor felicidad.

Algunos dias despues de su salida de Inglaterra aparecian en el horizonte visible de Terranova algunas columnas de humo, cuya vista llenó de alegria á los milares de personas que estaban esperando el felíz término de la operacion, tantas veces empezada.

Ya se acercan los buques,..... crece la ánsia del pueblo..... distínguense ya perfectamente los objetos..... descienden los ingenieros encargados de la operacion..... y la chalupa que los conduce al deslizarse lijera sobre la superficie tranquila de las aguas marinas, es objeto de las miradas de un número infinito de espectadores.

Más de repente un silencio sepulcral sucede á la gritería del público. Se amarra el cable, y los gritos del

pueblo, formando un coro compacto de voces humanas imposible de ser imitado, coronan dignamente el término de aquella obra colosal, que dejaba para siempre unidos el *antiguo mundo* y el *mundo nuevo,* con un poderoso é indisoluble lazo de hierro, que representaba en si todos los progresos de la ciencia y todos los esfuerzos de la perseverancia del hombre.

Dejando aparte otras relaciones como esta, que, léjos de creer ociosas consideramos convenientes, pero que sin embargo hemos de pasar por alto porque nos ocuparian muchas pájinas, inútiles para el objeto que nos hemos propuesto, vamos á entrar de lleno en la parte puramente científica de la telegrafía eléctrica.

Seguramente que nadie querrá reclamar en favor de ningun físico el privilejio de invencion del telégrafo eléctrico,porque este aparato no es mas que una reunion de casi todos los principios y aplicacion de muchos instrumentos inventados por tantos y tantos sabios que se han dedicado al cultivo de la ciencia.

Por lo tanto, el órden que vamos á seguir en la descripcion de los telégrafos eléctricos no será puramente cronolójico, sinó que al contrario, estará basado esencialmente en el principio de que se echa mano para su uso.

A este efecto, los dividiremos en *electro-estáticos* y *electro-dinámicos* ó *electro magnéticos,* division que parecerá rara en un principio, pero que creemos es la mejor que se puede adoptar.

El primer telégrafo eléctrico de que se tiene noticia

en los anales de la ciencia, es el electro-estático de Lesarge, inventado antes del descubrimiento de la electricidad dinámica y establecido en Ginebra en 1775; compuesto de una máquina eléctrica que podia comunicar con 27 alambres, que á su vez se hallaban en contacto de un electrómetro cada uno en la estacion de llegada. Estos electrómetros eran representantes de las 27 letras del alfabeto.

Lomond modificó algun tiempo despues este telégrafo, empleando un solo alambre, con una máquina eléctrica en cada extremo; marcando las letras el número de diverjencias de unos pendulitos eléctricos colocados en el conductor de cada máquina, y en 1784, Mr. Betancourt, por medio de un alambre aislado que tendió de Madrid á Aranjuez, transmitia señales, procediendo á la descarga de botellas de Leiden y baterías eléctricas por este conductor.

Aun cuando no tenemos otros pormenores, vemos que en aquel tiempo ya se empleaba la electricidad para la transmision de noticias y que nosotros, los españoles, no éramos los que mas atrasados andábamos en la cosa.

Luego Reizen en 1794 presentó un modelo formado por un cuadrante aislador, en cuyos bordes se habian fijado 27 laminitas de estaño, en que se hallaban grabadas las letras del alfabeto; constaba así mismo de 27 alambres aislados, que al transmitir la electricidad de una máquina, iluminaban por medio de la chispa eléctrica la letra que se trataba de comunicar; dando así una magnífica é ingeniosa aplicacion al principio del cuadro májico ó centelleante.

Cavallo en 1795 publicó un nuevo sistema en que primero, mediante una fuerte batería, se llamaba la atencion del telegrafista de la estacion de llegada por la explosion de la pólvora ú otra sustancia análoga; transmitiéndose despues las letras por un cierto número de chispas con sus correspondientes intérvalos.

A principios de 1796 y mas tarde en Noviembre del propio año, la Academia de Ciencias de París y la *Gaceta* de Madrid, dieron cuenta de la manera más satisfactoria de un telégrafo inventado por el Doctor Salvá, aunque sin detallar el aparato, lo que ha dado orijen á que se creyera fué tan solo un proyecto, siendo así que se estableció en Palacio, y que por su medio de Príncipe de Asturias recibia todas las noches las noticias mas importantes.

Despues de otros varios telégrafos electro-estáticos de muy poca importancia, y á consecuencia y bajo el principio del descubrimiento de Œrsted, Ampére propuso un telégrafo mas exacto y preciso que los conocidos hasta entonces, consistente en 27 agujas imantadas, representantes de las veinte y siete letras del alfabeto, sobre cada una de las cuales podia hacerse pasar una corriente, y por lo mismo, yendo combinando las letras que marcaban dichas agujas, podia formarse un despacho perfecto.

Este telégrafo, ingenioso y exacto como se ve, no llegó á establecerse á causa de haberse inventado seguidamente otros de mayor importancia, al tener lugar el descubrimiento de los electro-imanes.

El fundamento de todos los telégrafos eléctricos modernos es, como ya hemos dicho en varios puntos, el de

la imantacion y desimantacion del hierro dulce, al establecerse ó interrumpirse una corriente eléctrica, y para convencernos de ello, vamos á proponer un caso práctico.

Supongamos una pila en Gerona y un electro-iman en Barcelona, unidos por un alambre conductor. Mientras el circuito está abierto, nada pasa de notable; pero, al cerrarlo, se ordenan las corrientes etéreas que circulan al rededor de los átomos del cuepo del electro-iman, y este atrae un contacto convenientemente colocado; y por el diferente número de atracciones y repulsiones, se viene en conocimiento de lo que trata de revelarse en el despacho.

Al principio se usaron en los telégrafos eléctricos dos alambres conductores para establecer la corriente, pero hoy dia se emplea tan solo uno, desempeñando la tierra el papel del otro; si bien es cierto que en rigor esta no conduce la corriente, porque no es mas que un gran depósito de éter.

¿Cómo pues pasará el fluido universal del polo positivo al negativo? Muy sencillamente.

En un depósito de agua, en que esta salga por un orificio inferior y vuelva al mismo por un conducto situado superiormente, se encuentra líquido en todo el camino. Luego, si la tierra es este depósito, el polo positivo el orificio de salida y el negativo el de reconduccion, no haciendo la pila otro papel que el de simple propulsor, fácil es compreder que habrá éter en movimiento por todos esos puntos y que una corriente continua se establecerá de la tierra á la pila y de esta á la tierra segunda vez para repetirse indefinidamente.

Hase modificado mucho la disposicion de los telégrafos eléctricos fundados en el principio anteriormente expuesto. En España los mas empleados son el de cuadrante y el de Morse. En Inglaterra se usa tambien, aunque ya ha decaido bastante, el de Weatsthone, que necesita dos alambres conductores, y modernamente se han inventado otros muchos, siendo los mas notables el de Hughes, con sus modificaciones, el autográfico de Meyer y el telégrafo universal ó *Pantelégrafo* de Casselli.

Vamos á empezar ahora describiendo el telégrafo de cuadrante, que como se sabe, halla muy extendido en las líneas de los ferro-carriles españoles.

Consta esencialmente como todos los de su clase: 1°, de una pila de corriente constante, generalmente la de Bunsen ó Callaud; 2°, de un *Manipulador;* 3°, de un *Receptor* y 4°, de un alambre destinado á conducir la corriente.

El manipulador del telégrafo de cuadrante consiste en un disco que en las partes laterales tiene veintiocho casillas, con la veintisiete letras del alfabeto y una en blanco. En el centro de este disco se encuentra un manubrio metálico con un mango aislador, debajo el cual se halla una punta, metálica tambien, que puede penetrar en una hendidura que tienen todas las casillas, excepto la en blanco, con lo cual se cierra el circuito por medio de una combinacion de laminitas metálicas que van á los casquillos de empalme, de los cuales parte el alambre conductor.

El receptor de este telégrafo consta de un electro-iman, generalmente dispuesto en posicion horizontal y

de un limbo vertical, dividido tambien en 28 casillas del mismo modo que el disco del mampulador. En el centro de este limbo se encuentra una rueda dentada con piñones oblícuos, que lleva en el centro una aguja indicadora, engranando dichos piñones con un áncora que va fija á una varilla asegurada al contacto del electro-iman, sujeto con un resorte al pié del precitado limbo.

El mecanismo de este telégrafo es muy sencillo. En efecto, al aplicar la punta metálica del manubrio del manipulador en una de las ranuras que tienen las casillas del disco, queda cerrado el circuito por el alambre conductor, y por lo mismo el electro-iman con que comunica es imantado instantaneamente, siendo atraido el contacto, que arrastrando el áncora, hace avanzar un piñoncito de la rueda dentada del receptor, y por lo mismo, la aguja que lleva fija en su centro marca una letra en el limbo, que copiada por el telegrafista de la estacion de llegada junto con las demás que ván indicándose sucesivamente, nos dá el despacho que en la de partida se intenta comunicar.

Este telégrafo tiene muchos defectos, siendo el principal, el de que algunas veces la ruedecita dentada no gira convenientemente, y marca otra letra distinta de la que el telegrafista se propone. Así es que en las estaciones oficiales se le ha abandonado casi por completo sustituyéndole con los llamados *telégrafos escritores*, de los cuales el mas sencillo y extendido es el de Morse.

En este el manipulador es sencillísimo. Consiste en una palanquita metálica que puede moverse sobre su punto de apoyo y lleva un mango ó boton aislador comunicando con el polo positivo de la pila. Contiene tambien

un índice que puede entrar en una pieza metálica que comunica con el alambre conductor; hallándose además por medio de un resorte el circuito siempre abierto, el cual se cierra mediante una pequeña presion ejercida sobre el boton ya citado.

El receptor es un electro-iman con su correspondiente contacto de hierro dulce asociado á una palanquita que lleva una punta fina, una pluma, lapiz etc., que puede marcar signos sobre una tira de papel que gira de una manera uniforme mediante un aparato de relogeria encerrado en una caja.

La manipulacion y demás operaciones que exije este telégrafo, son muy sencillas y vamos á exponerlas con claridad.

Al hacer comunicar el índice de la palanca del manipulador con la pieza metálica que tiene debajo y se halla en contacto del polo positivo de la pila, queda cerrado el circuito y transmitiéndose la corriente por el alambre conductor, imanta el hierro dulce del electro-iman, que á su vez atrae el contacto, cuya punta choca con la tira de papel que va corriendo lentamente. Si el circuito no permenece cerrado mas que un instante, queda marcado un punto en la tira y en caso de que se mantenga cerrado por algun tiempo, sobre la punta va pasando el papel, en cuya superficie queda una línea perfectamente marcada.

La combinacion de estos puntos y líneas ha dado orijen al alfabeto y numeracion de Morse, al que se han dado diversas disposiciones, siendo la mas adoptada la que publican todos los buenos autores de Física y que copiamos á continuacion para mejor inteligencia del lector.

Alfabeto de Morse.

A	- —	N	— -
B	— - - -	Ñ	— — - — —
C	— - — -	O	— — —
Ch	— — — —	P	- — — -
D	— - -	Q	— — - —
E	.	R	- — -
F	- - — -	S	. . .
G	— — -	T	—
H	. . . .	U	- - —
I	. .	V	- - - —
J	- — — —	W	- — —
K	— - —	X	— - - —
L	- — - -	Y	— - — —
M	— —	Z	— — - -

Numeracion de Morse.

1	- — — — —	6	— - - - -
2	- - — — —	7	— — - - -
3	- - - — —	8	— — — - -
4	- - - - —	9	— — — — -
5	. . . . .	0	— — — — —

LINEA DE FRACCION.

— — — — — —

Á fin de ahorrar el mayor número de signos posibles y de hacer mas corto el despacho marcado en la tirilla de papel, existen algunas señales exclusivas para ciertas palabras muy empleadas en el servicio telegráfico, y estos signos van representados en el siguiente cuadro

Signos especiales.

Punto	Llamada — - — - — - —
Coma - — - — - —	Final - — - — - — -
Dos puntos — — — - - -	Enterado - - - — -
Punto y coma — - — - — -	Espera - — - -
Interrogacion - - — — - -	Despacho oficial - - - — - -
Admiracion — — - - — —	id. de servicio - — — - -
Paréntesis — - — - - —	id. privado - — — - — - -
Comillas - — - - — -	Urgencia . . . . .
Subrayado - - — — - —	Antefirma . . . . .
Punto y aparte - — - — - -	Error . . . . .

El telégrafo de Morse, apesar de las indisputables ventajas que reune sobre los ya descritos, tiene tambien su inconveniente y es que el telegrafista necesita poseer una gran practica en la manipulacion y una serenidad y presencia de ánimo á toda prueba, pues de lo contrario, el menor contratiempo ó descuido basta para inutilizar el parte. Esto indujo á Mr. Hughes á formar otro que por su complicacion no describiremos aquí, y cuya teoría se funda en un principio que podríamos llamar fantástico.

Este telégrafo tiene la ventaja de dejar escrito el parte en caracteres comunes, lo que hace que su uso sea muy conveniente. Para este efecto hay una rueda que lleva en su canto los tipos de imprenta, representantes de las 27 letras del alfabeto, con los puntos y demas signos ortográficos necesarios, rueda que gira con una velocidad uniforme de dos vueltas por segundo mediante un aparato de relojeria. Además ofrece la particularidad de que, cuando son atraidos los contactos por los electro-imanes (que se hallan en número variable) se abre el circuito, dando lugar á una série de fenómenos sumamente complicados á la par que curiosos. El manipulador de este telégrafo, que va á teclado, constituye un aparato de una forma elegantísima y muy parecido á un piano.

Apesar de sus escelentes resultados, el telégrafo de Mr. Hughes está sujeto á muchos contratiempos. Esto ha hecho que nuestro compatriota D. Pedro Palau Gardeñes de Barcelona lo haya modificado do un modo que segun se desprende de la memoria descriptiva publicada por el mismo en el año de 1876 ofrece grandes ven-

tajas sobre el anterior. Para ello emplea un sistema de seis electro-imanes.

Por consideraciones á su autor, no describimos hoy este telégrafo por no haberse verificado aún los ensayos en grande escala y oficialmente; pero creemos que este aparato está de todos modos destinado á proporcionar un gran servicio al mundo en general, celebridad á su modesto inventor y una gloria mas á las desgraciadamente pocas que tienen adquiridas las ciencias físicas españolas.

Además de esto, el telégrafo del Sr. Palau Gardeñes ofrece la notable ventaja de poder transformarse con una pequeña modificacion en un aparato tipo-impresor que si llegan á realizarse los lejítimos deseos de dicho señor, prestará grandes servicios al noble arte de Guttemberg, puesto que está destinado á sacar las letras de la caja correspondiente, colocarlas en el galerín, sin necesidad de componedor, y dejar los paquetes á punto de tiraje.

Antes de terminar este tratadito de los telégrafos eléctricos, no podemos abstenernos de citar el *Pantelégrafo* ó *Telégrafo Universal* del Abate Casselli, que fundado en el poder químico de las corrientes eléctricas, tiene sobre los demás conocidos hasta hoy la grandísima ventaja de transmitir, no solo signos ó letras comunes de imprenta sinó tambien dibujos, letras de adorno, etc. y sobre todo los partes de con la letra, firma y rúbrica del remitente.

El problema mas interesante acaso de la electricidad está resuelto. Nos referimos á la transmision de la palabra á grandes distancias.

El *telefono* es un aparato de ingenio colosal. Mas como para describirlo necesitamos conocer los fenómenos de induccion, lo dejamos para cuando hayamos visto este curioso tratado de las corrientes eléctricas.

XV.

Corrientes termo-eléctricas.

Bajo el nombre de *corrientes termo-eléctricas* se conocen aquellas corrientes eléctricas producidas por la accion del calor, y mejor aún, las que se orijinan por efecto de la diferente temperatura de dos puntos situados en dos cuerpos unidos, que sean diferentemente conductores del calórico.

Su descubrimiento débese al célebre Seebeck, en 1827, aunqne Volta tuvo ya noticia de ellas, puesto que notó la presencia de corriente al calentar un alambre de plata por un extremo, estando á la temperatura ordinaria el otro.

Para repetir el experimento que practicó el Doctor Seebeck, se toma un bastidor formado de dos metales, generalmente bismuto y antimonio ó bismuto y cobre, en cuyo interior se encuentra una aguja imantada ó mejor un sistema astático movible sobre un pequeño pivote de ágata. Si estando la aguja en libertad y en la misma direccion del bastidor, calentamos una de las

soldaduras, veremos desviarse la aguja del mismo modo que en el galvanómetro, y obedeciendo como este á la ley de la personificancion de Ampere. *(Capítulo IX.)*

Cuando se calienta un cuerpo por uno de sus extremos, se nota que queda electrizado, condensándose el éter en el punto frio y dilatándose en el que recibe el calor, á consecuencia de la corriente que se establece de este á aquel.

De ahí vienen las corrientes termo-eléctricas que constituyen el gran solenoide terráqueo, y de ahí tambien el que la aguja imantada tome la direccion constante del norte magnético de la tierra; pues los hacecillos etéreos calorificos irradiados del sol, caen siempre sobre la superficie de la tierra en la direccion de este á oeste.

La produccion de corrientes eléctricas por el calor, ha dado oríjen á las llamadas pilas *termo-eléctricas*.

Una pila de esta clase no es mas que el conjunto de una série de pares termo-eléctricos, bajo cuyo nombre bre se entiende la reunion de dos cuerpos conductores del calórico en distinto grado, soldados ó puestos simplemente en contacto.

Se han dado diferentes disposiciones á las pilas termo-eléctricas. Las primeras, debidas á Œrsted y Fourier, consistian en barritas de bismuto y antimonio soldadas y encorvadas en cada soldadura, que se hallaban, una sumerjida en hielo ó agua a 0° y otra bajo la influencia de una lámpara de alcohol que la calentaba.

Esta disposicion hacia que la pila ocupase mucho espacio, y por esto Nobili la modificó, reduciéndola á su mínima magnitud y de un modo tan notable, que

una pila de 30 pares ocupa escasamente un espacio de seis centímetros cúbicos.

Á este efecto, encorvó las barritas de modo que las soldaduras pares fuesen todas á un mismo lado y los impares al otro, aislando los elementos entre sí mediante unos papelitos dados de resina laca, y metiéndolo todo en un estuche de laton, con dos columnitas metálicas aisladas sobre un arito de marfil, que reciben los polos de la pila y pueden hacerlos comunicar con los casquillos del alambre galvanométrico.

La tension de las corrientes termo-eléctricas es sumamente ínfima, habiéndose calculado que la de un par de artesa de regulares dimensiones es diez mil veces mayor que la de otro de bismuto y antimonio. Sin embargo hánse construido pilas termo-eléctricas que han dado resultados notables. Veamos lo que dice Don Francisco Bonet acerca de las mismas: (1)

«Aunque crezca la tension de las corrientes con el nú-«mero de pares de la pila, las que hasta ahora se han «estudiado son de muy poca tension. Uno de sus ca-«racteres es el de quedar aisladas por los líquidos ana-«léctricos, como no sea el mercurio y quizás todo líqui-«do metálico. Por la misma razon se han logrado pocos «efectos químicos; bien que Bottot de Turin ya en 1833 «descompuso el agua con una de platino y de hierro de «150 pares. No todas sin embargo se hallan en igual «caso. Así la de Edmundo Becquerel, formado de proto-«sulfuro de cobre fundido con ciertas precauciones, y

---

Véase la pájina 285 de la obra citada en el capitulo IV.

«cobre metálico es tal, que un par es de enerjia decu-
«pla que la de un par de bismuto y cobre en iguales
«circunstancias.—De otra parte Marcus supone que
«una de su invencion, es tal que seis pares bastan
«para descomponer el agua y treinta para obtener un
«electro-iman capaz de sostener 84 Kilógramos. Por la
«misma, dice Marcus, que se alcanzan con el aparato
«de Ruhmkorff efectos iguales á los que daria con otra
«de Bunsen de muchos pares, etc.—Asimismo la de
«Mure y Clamond, llamada tambien *generador termo-*
«*eléctrico*, y formada de galena y hierro, da corrientes
«grandes en cantidad y tension.»

Apesar de la poca fuerza de las corrientes termo-eléctricas, Melloni ha sacado un partido brillante de las mismas con su *termo-multiplicador*, aparato tan notable en la actualidad en el estudio del calórico radiante, y al propio tiempo de una sensibilidad tal, que no puede ser comparado á ningun otro de los destinados al mismo objeto.

La parte esencial del aparato la componen una pila termo-eléctrica de Nobili y un galvanómetro de dos agujas, y de alambre grueso y no muy largo. Hay además varias piezas accesorias, siendo las principales una tabla bien horizontal que lleva una regla metálica graduada, y además un foco calorífico, generalmente la lámpara de Argani, la de Locatelli ó la hidro-platínica y varias pantallas ennegrecidas y mesitas, todo lo cual, junto con la pila, que lleva una especie de embudo para recojer las ondas etéreas caloríficas, va asegurado mediante tornillos á la regla graduada.

Este aparato no es otra cosa que un *termómetro dife-*

rencial, pero de una sensibilidad exquisita, y de ahí el que haya sustituido al cubo, reflector y termómetro de Leslie en el estudio de los fenómenos del calórico radiante y que por su medio se hayan comprobado todas las leyes y descubierto otras de una importancia suma.

Vamos ahora en el capítulo siguiente á ocuparnos de una de las partes de la Física que mas notables aplicaciones ha recibido de poco tiempo á esta parte: la *inducción*.

XVI.

Corrientes de induccion.

Los que se asombran en la actualidad de ver funcionar grandes motores por la sencilla accion de imanes y corrientes; los que se admiran al ver como se produce una luz como es la eléctrica que se escapa de entre los carbones de un regulador puesto en comunicacion con una pequeña máquina electro-magnética de Mr. Gramme, no acertarían jamás á creer que todo esto tan grandioso, tan magnífico y tan admirable, debe su oríjen á un sencillo experimento practicado por Faraday.

Este físico eminente, que ha consagrado toda su vida al cultivo de la ciencia, observó que al hacer pasar una corriente por encima de un conductor aislado, se establecia en este otra igual y en sentido contrario de la influyente, llamada *inversa;* y que al abrir el circuito é interrumpir aquella, se producia otra de mas enérjica en el conductor aislado, llamada *directa.*

Se demuestra experimentalmente esto, tomando un

carrete de carton ó madera, en que se arrolla un alambre grueso de cobre encima del cual sigue otra capa de alambre del mismo metal, aunque sumamente delgado; y poniendo este en comunicacion con un galvanómetro, al cerrar al circuito mediante uno ó dos pares de Bunsen con el alambre grueso, se nota:

1.° Que en el mismo instante en que queda cerrado el circuito, la aguja galvanométrica se desvia un cierto número de grados, volviendo enseguida á su posicion primitiva; y como obedece á la ley de personificacion de Ampère, se viene en conocimiento de que la corriente establecida en el alambre delgado, va en sentido contrario del éter que sale de la pila por el polo positivo, y que además no es permanente, sinó instantánea en el momento mismo y exclusivo de cerrar el circuito.

2.° Que la aguja permanece estacionaria y sin movimiento alguno mientras circula la corriente inductura.

3.° Que en el momento de abrir el circuito se establece una segunda corriente inducida, en el mismo sentido y direccion que la de la pila, y por lo tanto *directa*, siendo mucho mas enérjica que la inversa, y como esta instantánea, desapareciendo al momento.

Esta clase de induccion recibió de Faraday el nombre de *electro-eléctrica*.

Bajo el nombre de corrientes *magneto-eléctricas* se entienden aquellas que son producidas por la accion de los imanes; en rigor son iguales á las *electro-eléctricas*, puesto que como ya sabemos, los imanes no son otra cosa que una série de corrientes etéreas circulares, que se mueven todas en un mismo sentido y direccion al rededor de los átomos materiales de los cuerpos magnéticos.

Para probar la existencia de las corrientes magneto-eléctricas por induccion, se toma un cilindro hueco de madera ó carton, al que se arrolla un alambre de cobre aislado, cuyos extremos comunican con las columnitas ó casquillos de empalme del galvanómetrico. Si en estas circunstancias introducimos en su interior una barra imantada, veremos desviar la aguja de un modo que nos indicará que la corriente producida por la accion del imán, en el alambre arrollado sobre el cilindro, va en sentido contrario de las de Ampére, y por lo tanto es *inversa* Si separamos el iman con lentitud, no notaremos accion alguna en la aguja galvanométrica; pero, si lo verificamos rapidamente, veremos desviarla más que en el primer caso y en direccion contraria, con lo cual vendremos en conocimiento de que la corriente inducida que se produce es *directa*.

Al abrir y cerrar el circuito de una corriente, esta produce sobre si misma otra de inducida llamada *extra-corriente*. Se nota muy facilmente arrollando un alambre delgado de cobre que comunique con una pila de pocos pares, á dos carretes de madera, y cerrando el circuito con las manos, se produce una pequeña conmocion, no sucediendo nada de notable mientras la corriente circula. Pero en el momento de interrumpirla, se experimenta un sacudimiento muy fuerte, á veces valiéndonos de una pila de poca tension.

Las corrientes de induccion, á causa de sus variados efectos, han tenido múltiples aplicaciones, tanto puramente científicas como especulativas, en las llamadas *máquinas magneto-elétricas*.

Se llaman máquinas magneto-eléctricas ó aparatos

de induccion aquellas máquinas que producen corrientes de esta clase, sea por efecto de otras voltáicas, sea por la accion de los imanes.

La primera que se construyó fue la de Pixii. Consiste en un montante de madera que lleva fijo un electro-iman en herradura, cuyos polos pueden rozar con los de un manojo magnético de gran potencia, al que se imprime un rápido movimiento giratorio mediante un engranaje cónico. Al establecerse el contacto entre los polos del iman y electro-iman, se desarrollan corrientes de induccion, inversas al principio y directas al fin, desapareciendo así que cesan de obrar ambos polos y volviendo á establecerse cuando frotan de nuevo. Mas, como la rotacion es muy rápida, las corrientes se suceden tambien con muy cortos intérvalos, dando lugar á un contínuo trabajo eléctrico de alternancia entre las corrientes inducidas directas é inversas, mientras dura el movimiento.

Para establecer mejor el contacto, Clarke modificó la máquina magneto-eléctrica de Pixii, haciendo que el iman estuviese fijo y el electro-iman fuese el que entrase en movimiento, para cuyo efecto, montó á este sobre un eje, al que imprimió un rápido movimiento giratorio mediante una asociacion de poleas. Primero colocóse el iman en posicion vertical, pero parece que da mejores resultados disponiéndole horizontalmente, que es del modo como se construyen hoy dia todos los aparatos de esta clase.

Los polos del electro-iman, comunican en ámbos aparatos con un mecanismo especial llamado *conmutador*, que sirve para interrumpir ó variar la direccion y

sentido de las corrientes. A este efecto consta de una barrita metálica, metida dentro de un cilindro de boj, encima del cual hay varios aritos metálicos que comunican unos si y otros no con la susodicha barrita, hallándose en comunicacion con los reóforos mediante unos resortes de quita y pon que segun sobre que arito se colocan, disponen el aparato en armadura de cantidad, de intensidad ó de tension. Para conseguirlo, es necesario tambien que los alambres arrollados en los carretes sean de diferente seccion y lonjitud, pues de lo contrario, no se conseguiría el resultado que se desea.

Los aparatos de Pixii y Clarke son el fundamento de una porcion de máquinas magneto-eléctricas, empleadas para varias objetos, siendo las principales las de Nollet, Wild y Gramme y la llamada *dinamo-magnética* de Ladd.

La de Nollet se ha empleado alguna vez para la produccion de luz eléctrica en los faros, pero en la actualidad ha sido sustituida completamente por la de Gramme, de que hemos hablado ya en los efectos luminosos de la electricidad dinámica, y que no es mas que un aparato de Clarke de mayores dimensiones, algo modificado en su forma y asociado á un mecanismo especial por cuyo medio se hace que, apenas cese una corriente inversa, entre otra de directa y reciprocamente, de manera que la corriente eléctrica se halle establecida de un modo contínuo. La luz que produce ha llegado á ser igual á la que podrian despedir cuatro millones de bujias comunes de estearina ardiendo á la vez, y de ahí el que se haya establecido en muchos faros y que á mas

la hayan adoptado numerosos establecimientos industriales, no tan solo por su gran intensidad, si que tambien por su economía. Lo mismo que de las máquinas de Carré, somos deudores de su introduccion en nuestro país á los Sres. Dalmau de Barcelona, que las construyen actualmente en sus talleres con una perfeccion digna de elojio, usándolas ya algunos buques de guerra de la marina española.

Por medio de la máquina de Wild se han obtenido temperaturas enormes, habiéndose llegado á fundir en muy poco tiempo un alambre de hierro de treinta centímetros de lonjitud por seis milímetros de diámetro. Generalmente consta de dos electro-imanes fijos, tres de móviles y un manojo magnético muy poderoso que influye sobre uno de aquellos y hace que vayan transmitiéndose las corrientes de unos á otros yendo aumentando gradualmente en cantidad y tension hasta llegar al último en que son muy poderosas

La máquina de Ladd es una modificacion de esta, en que reduciéndose la magnitud se obtienen idénticos resultados. Se la llama *dinamo-magnética*, porque además de los imanes obra en ella la accion de una corriente voltáica.

Vamos ahora á describir y á tratar de la máquina electro-magnética mas conocida, y notable por sus formidables efectos. Nos referimos al carrete, broca ó bobina de Ruhmkorff.

En este aparato obran á la vez las corrientes de Ampére en los imanes y el éter de las voltáicas, siendo empero estas las que principalmente producen los efectos.

Consiste la máquina de Ruhmkorff en un carrete hue-

co de madera ó carton, en cuyo interior se encuentra una barrita y mejor aun un núcleo de alambres delgados de hierro dulce que terminan en dos discos del mismo metal, hallándose arrollado al rededor del carrete un alambre de cobre grueso y aislado que es el que transmite la corriente, constituyendo todo él el circuito, junto con una pieza metálica que lleva un apéndice de hierro dulce fijo en un resorte que puede ponerse en contacto con el disco en que termina por uno de sus extremos el núcleo interior del carrete. Dicha pieza metálica recibe el nombre de *martillo* y descansa sobre otra llamada *yunque* que comunica directamente con el segundo polo de la pila. Encima de la capa de alambre grueso de cobre, se encuentran arrollados algunos miles de metros de alambre delgadísimo del mismo metal, completamente aislado por un envoltorio de seda y una capa de barniz resinoso, y cuyos extremos, que terminan en unas columnitas metálicas aisladas, con los correspondientes casquillos de empalme, pueden hacerse comunicar á donde mejor convenga.

Este aparato se halla provisto además de un conmutador muy parecido al de la máquina de Clarke que puede interrumpir ó cambiar el sentido de las corrientes, y á veces de un condensador especial, debido á Fizeau que aumenta mucho su intensidad.

Vamos ahora á exponer el modo de producirse las corrientes de induccion en este aparato.

Al poner en contacto los polos de la pila, uno con el yunque y otro con el segundo extremo del alambre grueso, se halla el martillo descansando sobre aquel, y por lo mismo queda establecida la corriente, producién-

dose á la vez otra de inducida inversa en el alambre delgado. Pero en el momento de cerrar el circuito, la corriente de la pila, al recorrer la extension de su alambre conductor, ordena las de Ampére que se encuentran confundidas en la masa del núcleo de hierro dulce del interior del carrete, y por lo mismo atrae el martillo, que como ya sabemos tiene fija en el resorte una pieza de aquel metal. Mas como forma parte esencial del circuito, al dejar de estar en contacto con el yuñque lo deja abierto, y como á consecuencia de esto, produce la desimantacion del núcleo y la formacion de una corriente inducida directa en el alambre delgado, volviendo á caer otra vez sobre el susodicho yunque, y repitiendo indefinidamente el mismo movimiento oscilatorio desde este al núcleo y vice-versa.

Esos movimientos son rapidísimos como es de suponer, y de ahí el que las corrientes inducidas se multipliquen con una velocidad extraordinaria.

Los efectos producidos por los aparatos de induccion, son los mas notables de cuantos encierra en su seno el estudio de la electricidad. Los dividiremos, como venimos haciendo en fisiológicos, mecánicos, caloríficos, luminosos y químicos, considerando como á modelo los orijinados por los aparatos de Clarke y Ruhmkorff.

Si se cierra el circuita de un aparato de Clarke, cogiendo con las manos los extremos de los alambres que conducen la corriente inducida, se experimentan una série de sacudidas que por la rapidéz con que se suceden pueden llegar á ser insufribles; y si se aplican las manos á los polos del alambre delgado de una máquina de Ruhmkorff de medianas dimensiones, puesta en

actividad con dos pares de Bunsen, se sufre una conmocion tan extraordinaria que puede llegar á derribar al operador.

Estos efectos fisiolójicos, por su potencia, indican yá que la Terapéutica no se habrá olvidado de darle aplicaciones, como en efecto es así, puesto que son muchos los casos que se citan de curacion de enfermedades é intoxicaciones mediante las corrientes de induccion, producidas principalmente por los aparatos electro-voltáico y electro-magnético de Duchene, este último leve modificacion de la máquina de Clarke.

Los efectos mecánicos producidos por el aparato de Ruhmkorff son muy poderosos, siendo tal la tension de las corrientes inducidas directas, que segun el Sr. Bonet, una sola chispa de un aparato de grandes dimensiones es capaz de agujerear un pedazo de vidrio de diez milímetros de espesor.

Los caloríficos son tambien muy notables. Por medio del aparato de Clarke convenientemente dispuesto en armadura de cantidad puede encandecerse un alambre de platino ó inflamarse el éter sulfúrico, y si se cierra el circuito inducido del de Ruhmkorff mediante un alambre delgado de hierro, se encandece y arde al poco tiempo. Utilízase el poder calorífico de esta máquina para pegar fuego á varios hornillos de minas á un tiempo, mediante el cohete de Stheateam.

Los efectos luminosos son muy sorprendentes y dignos de estudio. Mediante el aparato de Clarke saltan las chispas por sus polos á la distancia de cinco ó seis milímetros al aire libre, siendo mucho mayor en el vacio la distancia explosiva. Con el carrete de Ruhmkorff son mucho más poderosas.

Aplicacion notable de los efectos de las chispas producidas en el vacio por el aparato de Ruhmkorff son los llamados *tubos de Geissler*, en los cuales se consigue la estratificacion del lúmínico en un medio enrarecido; y segun esten estos tubos de cristal llenos de vapores de una ú otra sustancia gaseosa, la luz ofrece colores mas ó ménos vivos, pero siempre variados.

Los efectos químicos son notabilísimos tambien. El aparato de Clarke puede descomponer el agua, dando sus elementos, ora unidos, ora seporados; y el de Ruhmkorff descompone y produce la combinacion de la mayor parte de los cuerpos no simples.

Podemos ahora entrar ya á explicar el *teléfono*, que por la importancia que reviste bien merece un capítulo especial.

XVII.

Teléfono.

Si la Exposicion universal de Filadelfia está destinada á ser siempre un monumento de gloria elevado á la agricultura, á la industria y á las artes, las ciencias físicas tendrán en ella una efeméride de inmenso valor, por habernos dado á conocer el maravilloso y fantástico aparato que actualmente es objeto del estudio de todos los sabios, y cuyo nombre se halla á la cabeza de este artículo.

Muchos ensayos se habian hecho para lograr transmitir los sonidos y en especial la palabra á grandes distancias. Ya en el primer tercio de este siglo el ilustre Page en América notó un sonido especial en un alambre por el cual circulase una corriente sujeta á muchas interrupciones sucesivas. Mas no se logró darle una aplicacion pronta é inmediata.

Hace yá bastantes años, Mr. Edison, el inmortal autor del *fonógrafo*, ese grandioso aparato que desde al-

gun tiempo á esta parte tanto dá que hablar á los aficionados al estudio del sonido, construyó un aparatito especial con el cual logró transmitir las notas musicales mediante un circuito metálico y una pila de bastante intensidad. Pero á consecuencia de sus muchos inconvenientes, fué desechado por inútil el invento del gran físico norte-americano.

Posteriormente hizo el mismo Edison y tambien otros muchos físicos, diversas tentativas para lograr transmitir los sonidos articulados, pero el único que ha logrado resolver tan difícil problema ha sido Graham-Bell, profesor de sordo-mudos de Boston (Estados-Unidos) cuyo aparato es tan sencillo y tan admirable, que imposible parece se obtengan con él tan brillantes resultados.

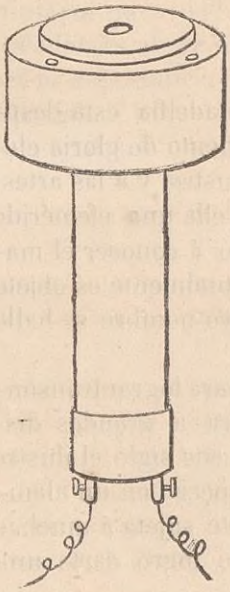

Fig. 1.ª—Teléfono de Graham-Bell.

Consiste este aparato (Fig. 1.ª) en una caja de madera, cuya forma exterior variable, acostumbra á ser la de dos cilindros unidos por una de sus bases. El primero tiene dos, tres ó cuatro centímetros de diámetro y el segundo acostumbra á variar entre cinco y diez, siendo mucho mas corto que aquel. La lonjitud del aparato vacila entre quince y veinte centímetros.

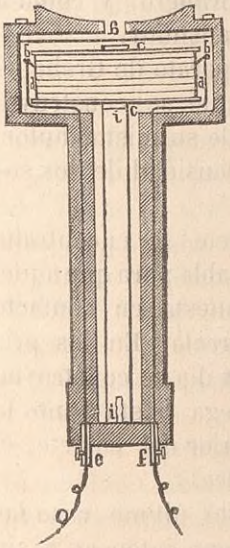

Fig. 2.ª—Corte longitudinal del Teléfono.

Esta caja tiene en la parte superior del cilindro de mayor diámetro (Fig. 2.ª) una abertura circular *a*, debajo de lo cual se encuentra fija por uno de sus extremos nna laminita de hierro sumamente delgada *b,b*, que puede vibrar con muy poco esfuerzo. Muy cerca de esta lámina se encuentra un electro-iman recto *d,d*, cuyo eje de hierro dulce *c,c*, está en contacto con un iman *i,i*, fijo en la parte inferior del cilindro ó cuerpo delgado, comunicando los extremos del alambre que procede del electro-iman, con los casquillos de empalme *e,f*, que á su vez pueden establecer la corriente con el alambre general de la línea telefónica.

Ahora bien: ¿Qué sucede cuando alguna persona habla en el orificio superior *a* del cuerpo cilíndrico de mayor diámetro?

El aire al vibrar hace entrar tambien en vibracion la laminita de hierro, y esta, segun lo explicado en el capítulo anterior, modifica algun tanto la direccion de las corrientes en el cuerpo de hierro dulce puesto en contacto con el iman permanente. Como á consecuencia de esto, en el hilo aislado del carrete se desarrolla una corriente inducida que, apesar de su poca y casi insignificante intensidad, al obrar sobre el electro-iman del teléfono de la estacion de llegada, reproduce en la lámi-

na de este las vibraciones de la del primero, y como á tal los sonidos que se intentan transmitir.

He aquí explicado el sencillísimo aparato de Graham-Bell, mas ya no tal como primeramente se construyó, sinó con una pequeña modificacion de su mismo autor, que contribuye mucho á la mayor intensidad de los sonidos percibidos.

Hemos dicho que dentro del carrete se encontraba una barra de hierro dulce (indispensable para que aquel reciba el nombre de electro-iman) puesta en contacto directamente con un iman de forma recta. En los primeros teléfonos y en los que aun hoy dia se construyen con la idea de economía, el iman llega hasta junto la lámina vibrante, pasando par el interior del carrete, el cual no tiene la barrita de hierro dulce.

A primera vista parece que en este último caso las corrientes telefónicas debieran ser mas intensas y sin embargo son notablemente mas débiles, como vamos á ver.

¿Á que hemos llamado polos de un iman? Á aquellos puntos en que se acumula la resultante de las corrientes etéreas que circulan al rededor de los átomos de la materia ponderable.

¿No hemos dicho tambien que si revolvemos un iman entre limaduras de hierro formará en los extremos ó polos unos penachos en forma de cabellera que irán decreciendo notablemente hasta la línea neutra?

¿No será tanto mas sensible este decrecimiento cuanto mas largo sea el iman?

Luego, interponiendo la barrita de hierro dulce, cuerpo que carece por completo de fuerza coercitiva, tendre-

mos el iman convertido en dos de dos polos cada uno. El primero, ó sea el mayor será tan solo un cuerpo influyente; y el segundo, de muy poca lonjitud, tendrá sus dos polos dentro del carrete, y por lo tanto será mas regular la accion de las corrientes en su superficie.

¿Cuales son las modificaciones de que ha sido objeto el teléfono de Graham-Bell? Son muy contadas y de escasa importancia.

¿Puede ser facilmente modificado un aparato, cuyo inventor ha tenido la fuerza de voluntad suficiente para retenerlo *cinco años* en su mente á fin de poderlo ofrecer al mundo perfecto, sencillo y acabado?

Muy dificil es, en efecto. Sin embargo no perdemos la esperanza de verlo aun mas perfecto de lo que es, puesto que todo, absolutamente todo es susceptible de modificaciones provechosas.

El principal defecto que presenta el teléfono de Bell es la poca intensidad que tienen los sonidos por él transmitidos al recibirlos en su oido el operador que escucha.

Mr. Tronvé ha salvado algun tanto, aunque poco, esta dificultad, con su *teléfono de membranas múltiples*, que no es mas que el mismo con solo la añadicion de otras láminas vibrantes dispuestas convenientemente. Sin embargo, presenta muchas dificultades la aplicacion de este aparato en la práctica, á consecuencia de la poca intensidad de las corrientes, y de ahí el que no haya pasado de la categoría de teléfono teórico.

Muchas otras modificaciones ha anunciado la prensa científica de ambos mundos, pero ninguna de ellas ha sido más que una ilusion y un sueño, permaneciendo por lo tanto el teléfono en el mismo estado que su inventor lo dió á luz.

Una modificacion creemos sin embargo podría introducirse que no dudamos produciría sus resultados.

Fijándonos un momento en la trompetilla acústica, vemos que su uso es altamente ventajoso para hablar á aquellas personas duras de oido; pues reforzándose la intensidad de las odas sonoras al pasar por el conducto en espiral, percuden con mas fuerza la membrana del tímpano y la cadena de huesecillos vibra con mayor vigor.

Despues de esto se ocurre fácilmente á cualquiera:

¿No produciría su efecto la aplicacion de una trompetilla acústica al orificio superior del teléfono, toda vez que el principal defecto de este aparato es la poca accion que la lámina produce sobre el iman á consecuencia de la debilidad de sus vibraciones?

¿No se reforzaría la intensidad del sonido, y así el aire podria sacudir con mayor fuerza la membrana metálica que debe vibrar?

No dudamos de que así se obtendría un éxito lisonjero, y las corrientes telefónicas ganarían mucho en tension é intensidad.

Últimamente, Mr. Breguet, constructor de París ha anunciado al mundo la invencion de un nuevo teléfono, en el cual se producen las corrientes con mayor intensidad que en el de Bell. Este teléfono ha recibido el nombre de *teléfono de mercurio*.

Consiste, tal como últimamente lo ha dispuesto su inventor, en un tubito capilar de cristal en cuyo interior se encuentran capas alternadas de mercurio y agua acidulada. Por los extremos del tubo, que se hallan cerrados á la lámpara, pasan dos alambritos de

platino que comunican cada uno con el mercurio mas próximo, transmitiendo la corriente telefónica á la línea general. En el centro de este tubo se halla sujeta una rodaja de abeto que permite poder hablar y escuchar en el aparato con mayor facilidad.

En el teléfono de Breguet, las corrientes son producidas por la série de pares electro-capilares del interior del tubo. Segun su inventor, no produce en él ninguna clase de influencia perturbatriz la resistencia que opone al paso de la corriente un circuito de mucha lonjitud.

No hemos tenido ocasion aun de practicar con este teléfono los variados experimentos á que se presta el de Graham-Bell; pero, si llegan á ser ciertas las escelentes propiedades que le atribuye su inventor, no dudamos que proporcionará grandes beneficios, por la facilidad con que puede construirse.

El teléfono es un aparato naciente y así como desde un principio ha tomado un incremento muy notable, fáltale aun recorrer mucho camino para llegar al término de su carrera. Por lo tanto confiamos en que no faltará un sabio que, modificando la disposicion del aparato le dé la propiedad de que carece, esto es, le haga susceptible de ser oido por muchas personas á la vez.

XVIII.

Electricidad atmosférica.

La atmósfera que nos rodea es una inmensa máquina eléctrica. Las nubes son los conductores de esta máquina colosal.

Pero esta máquina constantemente se halla electrizada, ya en un sentido, ya en otro. Cuando el cielo está despejado el aire se encuentra electrizado positivamente, y su estado eléctrico no es fijo cuando las nubes oscurecen la bóveda celeste.

Sucede con la electrizacion del aire un fenómeno raro que nadie hasta ahora ha conseguido explicar; y es qne encima de grandes arboledas, en las calles y en el interior de los patios no se nota ningun indicio de electricidad en la atmósfera, como lo han demostrado diferentes físicos, y entre ellos Roberston y Saussure.

Muchos son los fenòmenos que han presumido los físicos podian producir la electricidad atmosférica y entre ellos citaremos las descomposiciones orgánicas, la combustion, la vejetacion y la evaporacion. Esta úl-

tima contribuye algun tanto á nuestro modo de ver, á los movimientos de esas grandes masas de éter que circulan por la atmósfera pero no debemos por eso citarla como á principal, pues esta la expondremos mas adelante.

La evaporacion, al mismo tiempo que fenómeno físico, es una accion quimica muy notable; luego como á tal, y segun las leyes de De la Rive, ha de producir desarrollo eléctrico. Debemos considerar en la misma varias circunstancias para comprender como puede de este modo cargarse la atmósfera de electricidad.

Cuando entra en evaporacion alguna porcion de agua que tenga algun alcalí en disolucion, el vapor acuoso se electriza en sentido negativo, y por lo mismo suelta el éter que entre sus átomos materiales se encuentra, que va á condensar el de la parte sólida que queda sin evaporarse.

Si en lugar de ser caliza es salina la disolucion que contiene el agua, entonces se contraponen los fenómenos anteriormentecitados. Matteucci, el mas constante paartidario de esta teoría la demostró en una manera patente y que no deja ninguna duda acerca del particular, pues su experimento se funda en los principios de la electro-estática, y ha sido repetido muchísimas veces con éxito.

Segun esta hipótesis, el estado eléctrico negativo de la atmósfera, que algunas veces se nota cuando el cielo se halla cubierto de nubes, no puede considerarse que sea orijinado por la evaporacion de las disoluciones alcalinas, porque estas se hallan en poca cantidad relati-

vamente en la superficie de la tierra. Por lo mismo debe considerarse efecto de varios actos de influencia que iremos exponiendo cuando el caso se presente. No sucede lo propio con la condensacion del éter, pues las aguas marinas, que son las que mas abundan en la superficie de la tierra y aquellas que mayor cantidad de vapor acuoso dan á la atmósfera, contienen enormes proporciones de sales en disolucion.

Los desastrosos efectos de la electricidad atmosférica, son debidos en su mayor parte al estado eléctrico de las nubes, que indistintamente tienen uno ú otro.

La presencia del éter condensado en las nubes se explica por la misma causa que en la atmósfera, puesto que los vapores acuosos procedentes del mar, se condensan á grandes alturas, y como van electrizados en sentido positivo, del mismo modo se quedan. El estado de dilatacion no puede reconocer otra causa que la influencia, segun la teoría de la evaporacion, pues si bien algunos lo creen resultado del contacto de las nieblas con la tierra, nos parece imposible que antes de remontarse á las elevadas rejiones del aire no hayan sido neutralizadas por el éter que la atmósfera tiene de mas.

Cuando se acercan dos nubes cargadas de electricidades de distinto nombre, y llegan á la distancia explosiva, tienen lugar tres fenómenos que constituyen uno de los mas sublimes actos de la Naturaleza.

El *relámpago*, el *rayo* y el *trueno*.

El relámpago no es mas que la chispa que salta entre dos nubes cargadas de electricidades contrarias y el rayo la descarga eléctrica entre las dos susodichas nubes, entre una nube y la tierra ó bien entre dos porcio-

nes de una misma nube. Por lo mismo el relámpago no es mas que una consecuencia del rayo.

Pero, ¿Que es en su esencia el rayo, ese ente misterioso que tanto temor nos causa? Es tan solo la explosion de un *depósito de éter*, que no pudiendo resistir la presion que este ejerce en sus paredes, se rompe y arroja el fluido en una direccion fija, y obedeciendo á la atraccion de los cuerpos que le rodean. Esta es la bella imájen que forjó en su mente el eminente físico español D. José Echegaray, para explicar de una manera perfecta la formacion de esas grandes chispas eléctricas en la atmósfera.

Pero nosotros vamos mas léjos aún, pretendemos explicar la procedencia de este éter que de ningun modo puede ser acumulado por las causas que hemos citado anteriormente.

¿Bastan todas aquellas explicaciones para convencernos de que de la parte sólida de la tierra procede el éter que da oríjen al rayo, admitida como está la teoría del padre Secchi? No.

¿Que es la atmósfera? Es un cuerpo como los demas, y como á tal se halla formado por una cantidad infinitamente grande de átomos materiales y de átomos etéreos.

¿No se halla en un contínuo movimiento á consecuencia de los muchos fenómenos que en ella tienen lugar?

¿No puede, no debe orijinar necesariamente ese movimiento general del cuerpo, el parcial de los átomos etéreos porque los materiales se hallan bañados?

Luego inevitable es la condensacion del éter en un punto y la dilatacion de este fluido en otros muchos. Y así como la mayor parte de las veces los mismos movi-

mientos que modifican su posicion primitiva vuelven á dejarlo en estado normal, otras hay en que acercándose dos grandes masas de aire, confundidas generalmente con vapor acuoso, formando nubes, condensado el éter en la una y dilatado en la otra, no puede resistir la pared atmosférica que forma la valla que las separa una tension tan impetuosa y rompiéndose abre paso al éter que se precipita de las cavidades intermoleculares de la primera á las de la segunda.

Este es pues el rayo, la chispa eléctrica terrible de los tiempos tempestuosos.

Nada puede oponerse á esta suposicion que para nosotros es un hecho real y verdadero.

La atmósfera es una sustancia gaseosa, y como á tal se halla dotada de una inmensa repulsion molecular. Luego si no fuera por el intermedio de algun otro cuerpo, seria imposible la formacion de los depósitos etéreos; pero en los tiempos de tempestad, las nubes por su composicion acuosa se apoderan del éter, cédenlo tambien al aire algunas de ellas y quedan convertidas en los conductores de la gran máquina eléctrica, como con razon hemos llamado á la atmósfera en el primer párrafo de este capítulo.

¿Que sucede cuando acercamos una botella de Leiden cargada al taladra-cristal? Que si la carga del condensador es suficientemente intensa, estallando la chispa entre las dos puntas, la lámina aisladora queda instantáneamente perforada.

Pues exactamente lo mismo sucede en la atmósfera. La armadura interior de la botella es la nube cuyo éter se encuentra condensado, la exterior, la segunda nube;

y la capa atmosférica que la separa la lámina de cristal que intentamos perforar. Llegan por lo tanto en un momento dado á la distancia explosiva y saltando el éter en forma de chorro de la primera á la segunda armadura, taladra el cristal atmosférico, produciendo el extrepitoso ruido conocido con el nombre ds *trueno.*

El trueno que, como acabamos de decir es otra parte de la descarga eléctrica atmosférica, no es mas que el sonido que produce la chispa eléctrica que salta entre dos nubes que presentan en sus poros el éter en diferente grado de condensacion.

Si acercamos el nudillo de un dedo á la máquina eléctrica, la chispa que con tal motivo se formará, al saltar en el aire, producirá un pequeño chasquido.

La cantidad de éter que con tal motivo entra en movimientro es insignificante. Pero en la atmósfera, donde las masas etéreas que se mueven son infinitamente grandes, la chispa es tambien muchísimo mayor y el pequeño chasquido que aquella produce, se convierte por lo tanto en un ruido atronador.

Aun cuando coincide exactamente la produccion del trueno con la del rayo, percibimos generalmente aquel con algunos segundos de posterioridad, y es debido esto á que el lumínico lo percibimos casi instantaneamente, mientras que el sonido recorre tan solo 333 metros por segundo, y por lo tanto, tarda mucho mas el trueno en obrar sobre nuestro tímpano que el relámpago en impresionar nuestra retina.

El trueno es instantáneo, y su continuidad no es mas que una consecuencia de la reflexion del sonido, y de las resonancias que con tal motivo se orijinan.

Como ya hemos dicho anteriormente, el relámpago es tan solo la chispa eléctrica que salta entre las dos masas que mutuamente se atraen. Generalmente ilumina una grande extension de terreno y es de distintas formas segun las circunstancias que concurren en la explosion del depósito etéreo.

Cuando la descarga tiene lugar entre dos nubes ó entre dos porciones de una misma nube, el relámpago se nos presenta tan solo como á una vivísima claridad que de repente y por un solo instante ilumina la atmósfera, debido esto á la movilidad del medio en que tiene lugar la explosion y cuerpos que la orijinan.

Pero cuando el rayo salta de una nube á algun punto de la superficie terrestre, entonces toma un aspecto completamente distinto. Una serpiente de fuego desgarra la atmósfera y una vivísima luz que despide aquel majestuoso zic-zac inunda por completo los ámbitos celestes.

Si los relámpagos saltan en las rejiones mas elevadas de la atmósfera, la luz que despiden es lijeramente violácea, á consecuencía del gran enrarecimiento que tiene el aire en aquel punto.

Otra especie de relámpagos hay aun, y son estos los que el vulgo conoce con el nombre de *relámpagos de calor*. En las noches calurosas del verano acostumbran á aparecer en el espacio, pero llaman extraordinariamente la atencion, porque no van acompañados del trueno que indispensablemente se produce con ellos.

Esto ha dado lugar á que sobre los mismos se hayan formado mil teorías absurdas, y á que su explicacion no se encuentre completa en ningun punto. Créese sin em-

bargo generalmente que son descargas eléctricas que tienen lugar debajo del horizonte visible, y que á consecuencia de la gran distancia que de nosotros las separa, no podemos percibir el ruido del trueno.

Esta explicacion es de todo punto inadmisible, pues la experiencia nos ha demostrado que muchas veces han aparecido relámpagos de calor, sin que luego se haya tenido noticia de ninguna tempestad. Creemos nosotros que la teoría moderna puede explicarnos el fenómeno con toda claridad.

Hemos dicho ya anteriormente que la atmósfera debe considerarse como á un cuerpo, idéntico á los demás en cuanto á las propiedades generales de la materia. Como á tal tiene tambien los espacios intermoleculares ocupados por átomos etéreos, y su contínua movilidad hace que el fluido universal, ya se condense, ya se dilate en algunos puntos.

Cuando á consecuencia de circunstancias especiales rómpese el depósito en que se encuentra el éter condensado y neutraliza al otro, muévese en grandes proporciones el fluido universal. Por el contrario, la mayor parte de las veces, las mismas circunstancias que contribuyeron á la condensacion, hacen que átomo por átomo vuelva á recobrar el éter su posicion primitiva en los poros de la materia ponderable.

En el primer caso, hay rayo, relámpago y trueno; en el segundo ninguno de estos fenómenos es perceptible.

Ahora bien: ¿No puede haber un término medio entre estas dos circunstancias?

¿No está la atmósfera en un contínuo movimiento?

¿No podria del mismo modo tener lugar una fuerte

descarga eléctrica en tiempo sereno que durante una tempestad, si no lo impidiera la contínua movilidad y repulsion del medio atmosférico?

No cabe duda alguna de esto. Pues bien: si es posible que se neutralicen los efectos de la condensacion y dilatacion del éter en la atmósfera, á consecuencia de la movilidad de esta, y si en tiempo de tempestad puede estallar el depósito y despedir el fluido en forma de rayo; ¿No es tambien muy probable que á consecuencia de alguna humedad que en las mas altas rejiones de la atmósfera se encuentre en poca cantidad para formar una verdadera nube, pueda tener lugar un rayo de poca intensidad y que por estallar á una distancia enorme no podamos nosotros percibir en nuestro oido el ruido del trueno como percibimos por la vista la luz del relámpago?

Esta es á nuestro modo de ver la verdadera causa de los relámpagos de calor, y como no hay otra que lo explique con tanta exáctitud, creemos poder tenerla por verdadera.

El rayo se llama *verdadero* ó *simple* cuando sigue una misma direccion en todo su tránsito, y recibe el nombre de *compuesto*, llamado tambien *centella*, cuando se divide en otros varios. En este caso produce un trueno que parece el traqueteo que hacen grandes masas de piedra al derrumbarse por despeñadas laderas, aunque de una manera mucho mas estrepitosa.

Háse notado que aquellos campanarios en que se tocan las campanas durante una tempestad, són heridos preferentemente por el rayo. A este fenómeno se le han dado diferentes explicaciones, siendo la más creida la

que supone que es efecto de corrientes de aire que se producen y *atraen* la electricidad.

Sin embargo, esto no se halla acrisolado por ninguna demostracion ni raciocinio como la teoría que ha sentado el Sr. Bonet de Barcelona. Supone este señor que cuando se tocan las campanas con la presencia de nubes cargadas de electricidad, el aire al vibrar, produce como siempre ondas condensadas y dilatadas. Las condensadas hacen que el aire que las produce, por efecto de su compresion qnede saturado de humedad y muy enrarecido las dilatadas. Y como en un medio rarificado la distancia explosiva es mayor y además la humedad hace que sea mucho mas fácil la transmision del éter, deducimos de esto que tocando las campanas, se abre ancho camino á la electricidad para que pueda cusar sus perniciosos efectos.

De lo anteriormente dicho se deduce que debe de todo punto desaparecer la antigua costumbre que existe en los pueblos de la montaña de Cataluña, de tocar las campanas durante las tempestades, para pedir auxilio al cielo, puesto que se corre gran peligro de ser herido por la electricidad atmosférica, como ha sucedido en varias ocasiones; y vivo está aun en nuestra memoria el recuerdo de las múltiples desgracias que en 1876 causó la caida de un rayo en una ermita llena de gente, cerca de Olot, en ocasion de hallarse los fieles tocando devotamente la campana durante la tempestad.

Además, utilísimo sería tambien que con el tiempo desaparecieran las campanas de las altas torres de las iglesias puesto que en la actualidad son inútiles para el objeto á que se las destinó (el de servir de guia con

su sonido á los viajeros extraviados), y no constituyen mas que un inmenso peligro por la grande altura á que se hallan colocadas en el espacio.

El rayo dá lugar á efectos formidables, á la par que sumamente raros algunos de ellos, y cuya produccion no ha podido explicarse. Cítase entre estos la desaparicion de los objetos de oro cuando pasa una descarga eléctrica atmosférica cerca del sitio en que se hallan, caso sumamente extraño, y que, como hemos dicho, no ha tenido hasta ahora ninguna explicacion.

Los efectos fisiológicos son terribles unas veces, nulos otras. La caida de un rayo puede ocasionar la muerte y dejar carbonizado á un indivíduo, así como puede no causarle la menor lesion. Mejor que por la misma descarga, son principalmente oriijnados por el *choque de retroceso*, que no es más que una terrible sacudida que se experimenta sin ser herido por el rayo, caido á poca distancia. Puede compararse á la extracorriente inducida.

Produce tambien la electricidad de los nubes un calórico capaz de fundir la sílice, como lo demuestran las llamadas *fulugritas ó tubos de rayo*, que no son otra cosa que unos cilindros huecos y vitrificados que algunas veces se encuentran hundidos en los arenales, y se consideran efecto del paso de una descarga eléctrica por aquel sitio, la cual fundiendo la arena, de composicion esencialmente silícea, la obliga á cristalizar durante el enfriamiento. Así mismo, como ya sabemos, la luz eléctrica que se desprende al pasar una centella es sumamente viva, y ha dejado ciegas á muchas personas que la han recibido de improviso durante la oscuridad de la noche.

Si cae un rayo en una barra de acero, la deja convertida en un iman permanente, y si influye sobre una aguja imantada, muchas veces cambia la direccion de las corrientes etéreas que al rededor de sus átomos circulan. Al mismo tiempo, despues de una descarga eléctrica, se percibe un olor sulfuroso que es debido al paso del oxígeno de la atmósfera á su segundo estado alatrópico de *ozono*, y tambien otras veces en las aguas de lluvia tempestuosa se descubre la presencia del ácido nítrico, por efecto de la combinacion del oxígeno con el nitrógeno del aire, determinada por la electricidad atmosférica.

Todos estos efectos, terribles en su mayor parte, han hecho aguzar el ingenio del hombre en todas las épocas de la historia á fin de encontrar un medio con que librarse de un enemigo tan cruel; pero la gloria de la realizacion de tan importante problema pertenece exclusivamente al inmortal norte-americano Francklin, que á mediados del siglo pasado vió coronados sus trabajos en pró de la humanidad con el mas admirable y provecho de los descubrimientos, el *Para-rayos*.

Reconocida por Francklin la identidad del rayo con los efectos producidos por la máquina eléctrica, trató de demostrarlo y para ello se valió de un instrumento que todo el mundo conoce, de un juguete infantil, de un *cometa*. A este fin salió al campo en 1752 solo con su hijo, en un dia de tempestad, «*temiendo*—segun el «mismo dice en una de sus obras—*la burla de sus con-*«*ciudadanos en caso de salir infructuosos sus experimen-*«*tos*»; y el cometa fué elevado en el aire á la sazon que pasaba una nube muy tempestuosa en apariencia. El

extremo del cordel fué fijado en el suelo sobre un pié de cristal, á fin de que quedase aislado todo el *aparato*; y Francklin fué observando con la mayor ansiedad que la nube tempestuosa pasó y tras ella siguieron muchas otras sin producir ningun resultado. Empezaba ya á dudar del éxito de su empresa, cuando subrevino un chubasco que, mojando la cuerda, le dió el poder conductor que le faltaba. Entónces se levantaron varios hilos que de la misma pendian, como si fueren rechazados, lo cual visto por el operador, le hizo recobrar la esperanza, y acercando el dedo á dicha cuerda, tuvo la inefable satisfaccion de sacar varias fuertes chispas de la misma, que vinieron á resolver felizmente la primera cuestion de su problema.

Inmediatamente despues de sabido esto por las personas que se dedicaban al cultivo de la ciencia, trataron de repetirlo, siendo el que primero lo verificó Mr. Dalibard, quien habiendo dispuesto convenientemente una elevada barra cilíndrica de hierro aislada, terminada en una fina punta de acero templado, sacó de la misma varias chispas de considerable magnitud mientras pasaron por encima unas nubes cargadas de electricidad.

Al año siguiente el magistrado francés De Romas teniendo noticia del experimento de Dalibard, pero ignorando el de Francklin, tuvo como este la idea de servirse de un cometa, al rededor de cuya cuerda arrolló alambres metálicos para aumentar su conductibilidad, y obtuvo brillantes resultados; y habiendo repetido el experimento en un dia de una gran tempestad, los efectos fueron formidables, llegando hasta el punto de

derribarle, á pesar de las precauciones que habia tomado. El mismo se expresa en estos términos:

«*Imajináos ver láminas de fuego de nueve ó diez piés «de lonjitud y una pulgada de ancho, que producian un «estruendo mayor que el de un pistoletazo. En una hora «escasa obtuve mas de treinta de estas dimensiones, sin «contar otras mil de tamaño menor.*»

Esta clase de experimentos son muy peligrosos y deben verificarse con gran precaucion, pues han causado muchísimas víctimas. Una de ellas fué el célebre Richman, que habiendo querido probar hasta que punto llegaria á obtener los resultados, mando fijar en una azotea una gran barra de hierro terminada en punta, y una noche tempestuosa, acompañado de un dibujante encargado de reproducir en el papel lo que sucediera, se decidió á contemplar los resultados de su operacion. Pero de repente un gran ruido atronó el espacio y Richman cayó muerto al suelo, desmayándose el dibujante, que interrogado despues dijo que cuando iba á empezar sus trabajos habia visto salir un gran globo de fuego de la barra, el cual yendo á dar contra el pecho de su señor le habia dejado cadáver.

¡Qué manera tan sublime de morir! ¡Qué entusiasmo por la ciencia!

Despues de todos estos experimentos, Francklin empezó á discurrir para aprovechar la propiedad que acababa de descubrir en los cuerpos elevados en la atmósfera, y despues de un largo estudio dió al mundo su maravilloso invento.

Consiste el para-rayos en una gran barra de hierro, con la punta generalmente de platino, metal inoxida-

ble al aire, y que convendria fuese sustituido por el cobre dorado que es mejor conductor. Fíjase esta barra en la parte mas elevada de los edificios que quieran preservarse de la accion del rayo y se la hace comunicar con la tierra mediante una cuerda metálica, y mejor aun con un depósito natural de aguas situado en el fondo del suelo.

Vamos á explicar el papel que desempeña el para-rayos segun creía su inventor, y tambien siguiendo la hipótesis de Symmer y la teoría del Padre Secchi.

Francklin creía, como ya hemos dicho, que á consecuencia de su gran altura, el para-rayos *atraía* la electricidad de las nubes, y la conducia al depósito comun mediante el conductor metálico, que se introducia en la tierra. Sin embargo, hoy se cree que no desempeña otro papel que el de cuerpo influido, y que por lo mismo, segun el poder de las puntas, no siempre atrae, sinó que algunas veces cede electricidad á la nube del modo que vamos á ver.

Segun la hipótesis de Symmer, al pasar por encima del para-rayos una nube cargada de fluido positivo por ejemplo, descompone el natural de la barra, atrae el negativo y repele el positivo; este va á la tierra y aquel va á dejarla en estado normal. Lo mismo sucede en caso de que la nube se halle electrizada negativamente y para explicarlo, tan solo hay que cambiar el nombre á los fluidos.

Segun el Padre Secchi, al pasar una nube con el éter condensado en iguales condiciones que en el caso anterior, rechaza á la tierra todo el que la barra contiene, cediéndole al propio tiempo en forma de chorro el que

en su masa llevâ de mas y que por lo tanto constituye su estado eléctrico. Si en lugar de estar condensado se halla dilatado el éter en la nube, atrae de la tierra por medio del para-rayos todo el que necesita para que, equilibrándose en los intersticios ó poros que dejan entre sí los átomos de la materia ponderable no produzca sus perniciosos efectos la dilatacion.

En algunos casos desempeña el para-rayos el papel que le atribuia Francklin y es cuando no basta para ceder ó robar á la nube el éter necesario, en cuyo caso, descargándose en forma de rayo, es cunducido el fluido á la tieraa, ó esta cede á aquella una gran cantidad, que rompiendo la atmósfera, da lugar á la chispa.

En la construccion de los para-rayos hay que tener en cuenta varias condiciones y reglas que vamos á exponer:

En primer lugar es conveniente cubrir el conductor metálico con una capa de brea que impida su oxidacion. Tambien es mejor, como ya sabemos, hacerle terminar en un depósito subterráneo de aguas naturales, como por ejemplo un pozo, y en la imposibilidad de hacerlo, debe dividírsele en varias ramas al entrar en el suelo, y rodearle de coke para su mejor conductibilidad.

Por otra parte conviene que la punta sea muy fina, y mas aun que el para-rayos sea de puntas múltiples, esto es, colocando en la parte superior además de la terminal, otras varias con una inclinacion de 45° con respecto al horizonte.

El para-rayos debe comunicar con todas las grandes piezas metálicas que haya en el edificio, pues de lo contrario el conductor podria descargarse contra ellas y

producir desgracias. Asi mismo deben evitarse en este los ángulos, curvas y rodeos.

Háse hablado mucho acerca del espacio preservado por un para-rayos, y en la actualidad se cree que es el de un círculo cuyo diámetro sea doble del de la altura de la barra, segun los experimentos de De la Rive. Sin embargo, algunos casos hay en que no ha llegado á tanto. Se ha observado tambien, que cuando se le coloca encima de alguna torre ó campanario, la altura del para-rayos debe considerarse igual á la distancia que media desde su punta al nivel del tejado del edificio.

Y prescindiendo de otros detalles, vamos á hablar de un fenómeno sumamente curioso y explendente: la *aurora polar*.

La aurora polar es una especie de arco luminoso de variados colores, y del que salen ráfagas de luz en todas direcciones, que aparece casi todos los dias al anochecer en los paises cercanos al Norte ó al sud de la tierra. Se halla formado por dos columnas de luz que se elevan en la atmósfera hasta unirse, dejando un espacio intermedio bastante oscuro, que contrasta mucho con la brillantez del arco.

¿Cual es la causa de tan extraño fenómeno? Hoy por hoy no puede fijarse, pero la accion muy marcada que ejerce sobre las agujas imantadas, hace presumir que sea efecto de movimientos especiales de condensacion y dilatacion del éter, en las elevadas rejiones de la atmósfera, relacionadas directamente con las corrientes del gran solenóide terráqueo, pues solo tiene lugar la aurora polar en las rejiones del Norte y Sud del globo, extendiéndose raras veces hasta nuestra península.

Aquí concluye nuestra mision.

Hemos expuesto los fenómenos eléctricos valiéndonos de los conocimientos que la gran teoría del Padre Secchi nos proporciona, hemos apuntado en algunos puntos nuestro humilde parecer acerca las causas especiales que podrian orijinar ciertos efectos cuya explicacion es hoy dia dudosa, y hemos procurado dar á este libro una forma sencilla y adecuada á su insignificante valor.

La electricidad está destinada á fines acaso hoy dia para nosotros inconcebibles, y con el tiempo llegará á proporcionar á la humanidad inmensos conocimientos.

La agricultura, la industria y las artes manufacturesas, tendrán en ella un auxilio poderosísimo para su perfeccionamiento. Y las ciencias físicas, emporio de riquísimas concepciones, templo sagrado de la induccion, y rama del árbol del humano saber que mas ópimos y sabrosos frutos produce, un glorioso monumento en que, representados sus progresos sucesivos, el siglo XIX, ocupará un envidiable lugar á la cabeza de los que en pós vayan con sus adelantos á aumentar el inmenso caudal de conocimientos que hoy dia son ya una de las mas ricas preseas que penden del glorioso manto de la sábia Minerva.

¡Gloria á los Ampére, á los Francklin, á los Secchi, á los Volta, y á los Guericke! ¡Honor á cuantos han contribuido al notable adelantamiento de la Electricidad!

APÉNDICE.

SINTETICEMOS para concluir todas las aspiraciones de la ciencia física moderna.

Newton elevó á la categoría de hipótesis las vagas concepciones de los antiguos, considerando el calor y la luz como á dos sustancias de diversa naturaleza. Biot y Laplace desarrollaron la hipótesis de Newton. Pero Descartes, Euler, Grimaldi y Huyghens al derribarla completamente, sustituyéronla por la de las *ondulaciones etéreas* que han desarrollado admirablemente y sentado como á teoría Herschel, Fresnel y Young.

Dufay, Symmer y Francklin idearon una materia especial que diera lugar á los fenómenos eléctricos; sentaron leyes para robustecer sus hipótesis y les dieron una forma verdaderamente sencilla. Pero de la misma manera que las tinieblas de la noche son sustituidas por la luz preciosa que los dorados cabellos de Aurora

lanzan sobre el mundo, sus fantasías han desaparecido del libro de la ciencia, al ser grabada en él la *teoría etérea* del Padre Secchi.

Las confusas ideas que del magnetismo se formaron Thales, Plinio, Descartes, Coulomb, Æpinus y tantos otros, han caido bajo el peso de la ingeniosísima suposicion del *Newton de la electro-dinámica*, como llama con razon el Sr. Echegaray al gran Ampère.

He aquí pues realizado el gran problema de la ciencia. Ya no existen los fluidos de diversa naturaleza. Han desaparecido ya los ajentes físicos. Y en el magnífico résplandor que derrama en torno suyo el sol explendoroso de la verdad, distínguense muy marcadamente dos palabras estampadas en gruesos y fijos caractéres.

Estas palabras son la representacion fiel y exacta de la teoría moderna, y personifican admirablemente la unidad y equivalencia de las fuerzas físicas. Estas palabras son

Éter y Fuerza.

FIN.

ÍNDICE.

ERRATAS.

Páginas.	Líneas.	Dice.	Léase.
18	28	que los frotase	que se los frotase
26	22	contenidos	contenido
27	13	aplicarle	aplicarla
27	30	variacion en virtud,	variacion, en virtud
28	4	fundado	fundada
31	1	los	dos
31	14	Syimmer.	Symmer
39	26	chisqa	chispa
46	9	cátredra	cátedra
56	27	soldanas	roldanas
87	15	el	al
87	16	Hallábanse	Hallábase
159	22	*fulugritas*	*fulguritas*

Algunas otras erratas que pueden haberse deslizado, las correjirá el lector á primera vista.