bir un cuadrante, y por lo tanto no habrá comparacion ni medida posible; así que la disposicion que á las agujas corresponde, para llenar debidamente las condiciones necesarias, es la de dos agujas fijas en un mismo eje y con los polos opuestos, por cuyo medio se obtiene una neutralizacion suficiente de la accion de la tierra, que permite juzgar con acierto y comparar con exactitud las desviaciones buscadas. En estas agujas, que llamaremos *semi-astáticas*, la accion directriz de la tierra no se halla neutralizada enteramente, pero sí debilitada hasta el punto que necesitamos.

Para que los imanes puedan actuar sobre las corrientes es necesario que éstas tengan una gran movilidad, y para conseguirlo se disponen los hilos conductores de modo que se apoyen en pequeños vasos de hierro llenos de mercurio, á los cuales se hacen llegar los alambres que comunican inmediatamente con la pila; mediante esta disposicion la corriente llega libremente á los aparatos, y estos, gozando de cuanta movilidad es posible, se encuentran en las circunstancias mas favorables para ser dirigidos por la accion del globo, por la de los imanes, ó por la de otras corrientes dispuestas convenientemente.

331. El aparato mas sencillo para darse cuenta de estos fenómenos es el flotador de M. de la Rive; se compone de una plancha de cobre C (*fig.* 164) y otra de zinc Z fijadas sobre otra de corcho AB, y unidas por su parte superior por un hilo metálico D: se le coloca en agua acidulada, y la corriente se establece instantáneamente en el sentido que las flechas indican, esto es, del cobre al zinc. La accion del globo imprime una direccion dada á esta corriente, haciéndola girar, y dirigiendo siempre al este la rama en que la corriente desciende; y si en este esta, do se presenta una barra imantada en una direccion perpendicular al plano del flotador, éste se aleja si las corrientes van en sentidos contrarios, y se aproxima cuando van en un mismo sentido; en cuyo caso llega hasta el medio del iman, en cuya posicion se fija despues de oscilar algun tiempo.

La accion de las corrientes sobre los imanes, y la de estos sobre aquellas es lo que constituye la parte de la ciencia, conocida con el nombre de *electro-magnetismo.*

332. Habiendo dado á conocer el partido que puede sacarse de la accion de las corrientes sobre los imanes para medir la energía de aquellas, nos falta describir el aparato que se emplea con este motivo, y que se conoce con el nombre de *galvanómetro* ó *multiplicador.* Se compone de una aguja semi-astática (*fig.* 165) con los polos opuestos como indica la figura: la aguja inferior va dentro de un bastidor de madera, al cual va arrollado un hilo de cobre recubierto de seda, haciendo un gran número de revoluciones y dejando libres las dos extremidades A y B, las cuales se han de poner en comunicacion con la pila que ha de desenvolver la corriente. Sobre este bastidor y debajo de la aguja superior va colocada una circunferencia dividida para poder apreciar la desviacion correspondiente. Si se hace comunicar la extremidad A con una plancha de zinc, y la extremidad B con una de cobre, y éstas se ponen en contacto interponiendo un papel impregnado en agua acidulada, la desviacion de la aguja es rápida é instantánea, fijándose en los 90° despues de algunas oscilaciones.

Este medio es el que se emplea para medir la electricidad, el cual da la intensidad y el signo de la misma; de forma que haciendo que una de las extremidades del hilo comunique con una larga barra metálica terminada en punta y la otra con el depósito comun, será fácil conocer la electricidad atmosférica, por corta que la supongamos, dándonos los máximos y mínimos y las alteraciones accidentales que sobre este agente se produzcan.

La sensibilidad del aparato se explica perfectamente al ver que el gran número de revoluciones del hilo no representa otra cosa que un número igual de corrientes paralelas, iguales en un mismo sentido; de donde resulta que por pequeña que la accion sea, se consigue multiplicarla de modo que produzca efecto.

LECCION LXXXV.

Accion de las corrientes unas sobre otras.—Corrientes por induccion.

333. En la leccion anterior hemos indicado á propósito de los flotadores de M. de la Rive, que las corrientes ejercian accion unas sobre otras; y ademas hemos dado idea del modo de construir los aparatos correspondientes, de manera que la movilidad fuese tanta como para este caso necesitamos.

Las corrientes resultan de los movimientos vibratorios que la electricidad produce en la masa del cuerpo sobre que actúa: si la seccion del cuerpo presenta suficiente resistencia para sufrir las vibraciones sin que la agitacion produzca desintegracion del mismo, ó si la intensidad del fluido no produce acciones capaces de verificarlo, en este caso el cuerpo no presenta alteracion alguna, ó como se dice, permite el libre paso á la electricidad; pero si la energía del fluido ha de producir un estremecimiento superior al que la seccion del cuerpo puede resistir, entonces la temperatura de éste se eleva, y aun puede volatilizarse con desprendimiento de calor y luz. Todo esto no solamente sirve para poner en contacto á la electricidad con el calor y con la luz, y conducirnos á la explicacion de todos los fenómenos por la accion de un solo y único agente imponderable, sino que, ciñéndonos á las corrientes, nos dice que las partes contiguas del hilo que nos sirve para dirigirlas, se hallan en un estado contínuo de repulsion.

Las corrientes se atraen cuando son paralelas y van en un mismo sentido, y se repelen si conservando el paralelismo las direcciones son contrarias; resultado que no sorprende por la coincidencia de la direccion de las vibraciones en el primer caso, y la oposicion de las mismas en el segundo. En el caso de formar ángulo el efecto es el mismo, puesto que las paralelas pueden considerarse como formando un ángulo cuyo vértice se halle en el infinito; así cuando las corrientes se acerquen ó se alejen ambas del vértice (*fig.* 166) habrá atraccion, y cuando una se acerque y otra se separe (*fig.* 167) habrá repulsion.

334. En la electricidad y en el magnetismo hemos visto que fluidos de distinta

denominacion se atraian, y los de un mismo nombre se rechazaban: y como las corrientes que van en una misma direccion se atraen, y las que van en direcciones contrarias se repelen, de aquí han tomado orígen para decir que los fenómenos eléctricos en las corrientes son contrarios de los producidos por la electricidad ordinaria; pero semejante proposicion no puede sostenerse, ya porque no hay fenómeno eléctrico, sea del género que quiera, que no sea producido del mismo modo que los de los demas fluidos imponderables por vibraciones ó corrientes, ya porque direcciones opuestas no es ni puede ser lo mismo que fluidos opuestos ó de diferente denominacion.

Si tenemos dos corrientes que se crucen (*fig.* 168), formarán los cuatro ángulos A, B, C y D; en los cuales habrá atraccion en los dos A y B opuestos al vértice, y repulsion en los C y D. En el ángulo A habrá atraccion por ir ambas corrientes aproximándose al vértice, y en el B se verificará igual accion por ir las dos alejándose del mismo; y en los C y D habrá repulsion por alejarse del vértice una de las corrientes y acercarse otra. Conspirando á un mismo fin ambas corrientes girarán hasta situarse paralelamente y en un mismo sentido, en cuyo caso habrá atraccion; por lo cual suele decirse que las corrientes que se cruzan verifican siempre su atraccion.

Pueden disponerse corrientes que produzcan toda clase de movimientos, incluso el de rotacion, y que obedezcan, como ya sabemos, á la accion de otras corrientes y á la de los imanes. Para la explicacion de estas acciones no hay nada nuevo que establecer; pero nos llevaría demasiado lejos la exposicion de los medios que deben emplearse para conseguirlo.

335. *Corrientes por induccion* se llaman las que se desenvuelven de un modo transitorio por la influencia de otras corrientes ó de los imanes. Si arrollamos (*fig.* 169) sobre un cilindro hueco de madera dos hilos de cobre AA′, BB′ recubiertos de seda, y hacemos comunicar el BB′ con un galvanómetro, y el AA′ con los polos de una pila, la corriente se establece en BB′ en el momento que se desenvuelve en el hilo AA′; la aguja del galvanómetro se agita y oscila en el instante en que se ponen las extremidades AA′ en comunicacion con la pila, pero pronto cesa de oscilar y recobra su posicion primitiva, en la cual permanece durante el período en que la comunicacion con la pila se halla establecida; pero se agita y oscila de nuevo en sentido contrario del anterior en el momento en que la comunicacion cesa ó se interrumpe.

Vemos que es posible producir corrientes en un hilo sin que esté en comunicacion inmediata con un orígen de electricidad; estas corrientes es verdad que duran un solo instante, aquel en que la accion empieza y aquel en que concluye, y que son de signos contrarios en cada uno de estos casos; pero todavía puede sacarse partido de ellas haciendo que se establezcan y se interrumpan con gran rapidez.

La desviacion que sufre la aguja del galvanómetro en el experimento anterior no es, generalmente hablando, muy considerable; pero se consigue que sea muy enérgica introduciendo un cilindro de hierro dulce en lo interior del de madera, cuyo efecto es debido á las corrientes que en el hierro se desenvuelven.

Si tomamos un cilindro de madera igual al que nos ha servido para el anterior experimento, y le arrollamos un solo hilo de cobre recubierto de seda, el cual dispondremos que comunique con un galvanómetro, y en este estado introducimos una barra magnetizada en lo interior del cilindro, la corriente se desenvuelve en el momento de introducir el polo del iman, cesa en seguida, y aparece en sentido contrario en el momento en que se le retira.

Todo esto no solo nos confirma en la existencia de las corrientes por induccion, sino en la identidad de la electricidad y el magnetismo.

LECCION LXXXVI.

Electro-dinámica.—Su importancia, y aplicaciones mas notables.—Explicacion del magnetismo por medio de las corrientes eléctricas.

336. La *electricidad dinámica* consiste en el movimiento que, sea por medio de este agente, sea por medio del magnetismo, es posible hacer que adquieran diferentes cuerpos; de lo cual ninguna duda puede quedarnos despues de lo que dejamos explicado respecto de las corrientes y de los imanes. La accion que ejercen las corrientes unas sobre otras, y los diferentes medios de desenvolverlas, sea por la electricidad propiamente dicha, sea por el magnetismo, nos proporcionan un motor precioso que pudiera servirnos en todos los casos y circunstancias; pero que, siendo aun demasiado débil para determinar el movimiento en masas considerables, no nos permite emplearle todavía en grande escala.

Sin embargo de su limitada energía se han hecho ensayos con muy buen éxito, que dan lugar á esperar que quizá un dia pueda reemplazar con ventaja á los aparatos de vapor. Esta fuerza, aun cuando no ha llegado todavía á desenvolver toda la energía de que sin duda es capaz, no permanece ociosa y sin aplicaciones, entre las que figura en primer lugar la que se emplea en los *telégrafos eléctricos*. Estos aparatos se componen de dos, uno en la estacion de partida, y otro en la de término: en la primera va un electro-iman vigoroso que pueda desarrollar la corriente que se trasmite á la otra estacion por medio de un hilo metálico, sostenido por anillos de porcelana, ó por algun otro medio semejante; y en la estacion de término va colocado el aparato que debe moverse por la accion de la corriente desenvuelta, y producir las señales convenidas, que pueden ser cualesquiera, pero que en lo general son las letras del alfabeto que van siendo marcadas sucesivamente por la produccion y por la suspension progresiva de la corriente. Para esto vemos que serán muy útiles las corrientes por induccion, ya explicadas, por la intermitencia con que se presentan; pero esto no obsta para que pueda emplearse un orígen cualquiera de electricidad.

Estos telégrafos no interrumpen sus señales por el estado de la atmósfera, y no necesitan estaciones intermedias, por lo que son en general preferibles á los comunes.

337. Llegados á esta altura, y habiendo visto el efecto que el hierro dulce produce para aumentar la accion de las corrientes, y el que producen los imanes para dar lugar á las mismas, nos falta exponer una teoría que siguen los fenómenos de que tratamos, ó lo que es lo mismo, que establezca la identidad entre la electricidad y el magnetismo. Para esto debemos admitir en el globo una corriente eléctrica dirijida de este á oeste, y acumulada principalmente sobre el ecuador. Esta corriente, aunque acumulada del modo que va dicho, rodea la tierra en el sentido de los paralelos, de modo que parece dirigirse de un polo á otro, rodeando al globo con una corriente única; pero que produce el efecto de una infinidad de ellas, sumamente próximas, paralelas, y describiendo sensiblemente circunferencias, cuyos planos son perpendiculares al eje.

Nada hay de violento ni extraño en admitir estas corrientes, puesto que todo fenómeno eléctrico se desenvuelve por este medio; y la electricidad del globo no puede ponerse en duda, atendidas las infinitas acciones que se producen y renuevan en el mismo, ya se consideren mecánicamente, ya respecto de las variacione de temperatura, de las acciones químicas etc. Y se concibe sin dificultad que estas acciones y las corrientes, que son su consecuencia, no sean constantes, así como no lo son las que dan lugar á ellas; y por consiguiente que estas variaciones determinan otras en los cuerpos ó aparatos sobre que actúan.

Hemos visto que las corrientes tienden siempre á dirigir la aguja magnéticas á una posicion perpendicular á la suya; y en el galvanómetro hemos podido observar que todas las corrientes sensiblemente paralelas, producidas por un solo hilo rodeado al bastidor, conspiraban al mismo fin y fijaban la aguja en la posicion establecida. En la tierra, que podemos semejar á un gran galvanómetro, se verifica exactamente lo mismo; así que la direccion de la aguja es perpendicular á las corrientes que rodean al globo. A la verdad, todas las partes de la gran corriente circular actúan sobre la aguja; pero las superiores, hallándose incomparablemente mas próximas que las inferiores, actúan con una energía mas considerable, y son las que determinan el efecto producido. Esto nos explica tambien la direccion de los flotadores electro-dinámicos, y la imantacion del hierro por la sola accion del globo.

338. Los fenómenos que presentan los imanes son por consiguiente debidos á la existencia de corrientes eléctricas en los mismos, dirigidas perpendicularmente al eje, y en el sentido de este á oeste en la parte inferior del iman, y de oeste á este en la parte superior; de forma que la accion de las corrientes unas sobre otras viene á explicar la accion de las corrientes sobre los imanes, y la de estos sobre aquellas, así como la que se ejerce por los imanes unos con otros ó respecto del globo. La corriente única que rodea al iman se puede considerar como una reunion de pequeñas corrientes paralelas é infinitamente próximas, del modo que hemos expuesto al hablar de las del globo, y recordando como entonces la disposicion del galvanómetro. En los cuerpos simplemente magnéticos, y aun en todos los demas, por lo que hemos visto en el lugar oportuno, las corrientes, que podemos admitir que rodean á cada molécula, van en toda suerte de direcciones, y lo que se verifica con lo que llamamos imantacion es disponerlas paralelamente de modo que la polaridad aparezca, ó que las vibraciones que se verifiquen sean todas dirigidas respectivamente en el sentido que necesitamos.

La accion que sabemos ejercen todos los cuerpos sobre los imanes, y viceversa, se explica por las corrientes que se determinan siempre por la accion recíproca de estos cuerpos; corrientes que son mas persistentes en unos cuerpos que en otros, debido sin duda á la diferente estructura y afinidad química de los cuerpos simples que entran en su formacion, y á las modificaciones que tanto en esta propiedad como en las demas acciones moleculares ejerce la temperatura y todas las otras causas que pueden alterar el arreglo y colocacion de los átomos de la materia.

LECCION LXXXVII.

Corrientes termo-eléctricas.—Descripcion del termo-multiplicador de Melloni.

339. Sabemos ya que el calor es capaz de producir fenómenos eléctricos; pero no hemos expuesto aun el modo de producir corrientes eléctricas debidas á esta causa, ó lo que es lo mismo, la manera de sacar partido de esta propiedad.

Siempre que se sueldan dos hilos de metales diferentes de modo que formen un circuito cerrado, la corriente eléctrica se produce siempre que las dos soldaduras se encuentren en temperaturas diferentes, siendo tanto mas enérgica cuanto mayor sea la diferencia que la produce, y cesando de todo punto cuando las temperaturas son iguales. La accion que se ejerce sobre la aguja del galvanómetro es sumamente sensible, aun para diferencia de temperatura, que seria imposible sospechar siquiera empleando otro procedimiento. De aquí se deduce ya la posibilidad y aun conveniencia de aplicar este procedimiento á la medida de pequeñas variaciones de temperatura, imposibles de apreciar por los medios ordinarios.

Si en vez de ser dos hilos de metales diferentes se empleasen ambos de un mismo metal, la corriente aun se estableceria, pero seria necesario una gran diferencia entre las temperaturas de las soldaduras para producir una corta desviacion sobre la aguja: lo cual nos está brindando á hacer aplicacion á la medida de altas temperaturas, es decir, á emplear este procedimiento como medio *pirométrico*, si no se opusiese en un gran número de casos la inevitable desaparicion de la soldadura y aun del hilo sometido á una temperatura suficientemente elevada.

Se han construido *pilas termo-eléctricas*, compuestas de barras de antimonio y bismuto, soldadas por sus extremidades, de modo que cada una de las del primer metal se hallase entre dos del segundo, y recíprocamente: en este estado se calentaban las soldaduras pares por medio de lámparas de alcohol, y las impares se mantenian á una temperatura constante y baja, sumergiendo unos apéndices que las barras llevaban en vasos llenos de hielo machacado. En esta disposicion la corriente se establece y los hilos conductores que salen de las extremidades del aparato la conducen sobre los cuerpos en que necesitamos hacerla actuar.

Siendo este procedimiento poco cómodo, y tambien poco á propósito para destinarle

á las aplicaciones necesarias, se ha ideado otra disposicion de la pila, que es la que en el dia usamos. Se compone tambien de barras de bismuto y de antimonio soldadas al tope por sus extremidades (*fig.* 170), de modo que la barra de bismuto B se encorba y se halla soldada con la siguiente de antimonio, y ésta con la que sigue de bismuto, y así continuando: por cuyo medio se consigue que la pila presente una forma prismática, quedando las soldaduras impares en una de las caras y las pares en la opuesta; se introduce en una caja prismática con dos tapaderas en los frentes en que quedan situadas las soldaduras, y los hilos, que saliendo de los polos de la pila han de dirigir la corriente, se unen á un galvanómetro que nos servirá para medirla.

340. El aparato de Melloni, descripto en la teoría del calor, está reducido á una pila termo-eléctrica, dispuesta del modo que va referido, unida á su correspondiente galvanómetro que sirve de indicador. El calor que producen los diferentes orígenes del mismo que se colocan en el aparato, y el que trasmiten los diferentes, cuerpos interpuestos en virtud de la diatermancia de que están dotados, actúa sobre la cara de la pila en que se hallan las soldaduras impares; y como la temperatura en este caso no puede ser la misma en éstas que en las pares que se hallan al lado opuesto, la corriente se establece instantáneamente, y la aguja del galvanómetro gira para colocarse en una nueva posicion.

Las desviaciones que sufre la aguja son proporcionales con las cantidades de calor, con tal que aquellas no excedan de 20°; y para no tener necesidad de introducir correcciones ó de formar tablas para los casos en que las desviaciones fuesen mas considerables, se aleja el orígen de calor lo suficiente para que el desvío no esceda de los 20° citados.

Terminado cada experimento, es indispensable que la aguja vuelva al cero, para lo cual se necesita suprimir por medio de una pantalla la accion calorífica que el foco ejerce sobre la pila, ó calentar ligeramente la cara opuesta.

LECCION LXXXVIII.

Medios de producir magnetismo por medio de la electricidad, y recíprocamente producir electricidad por medio del magnetismo.

341. Las corrientes eléctricas pueden comunicar el magnetismo al hierro y al acero, presentándose la imantacion como la ordinaria, esto es, no permaneciendo en el hierro mas que durante el período que la corriente actúa, y desenvolviendo en el acero una accion permanente. Habiendo observado que las agujas de acero se magnetizaban con mas energía colocándolas perpendicularmente á la direccion de la corriente, se ha ideado el empleo de un largo hilo metálico recubierto de seda, el cual se le rodea en hélice á un cilindro de vidrio, en el que se pone como eje la aguja que se trata de magnetizar. El efecto, como ya hemos explicado con otro

motivo, es el mismo que si tuviésemos un sistema de corrientes circulares paralelas, por cuyos centros pasa la aguja. El magnetismo producido por este medio no difiere en nada del obtenido por los procedimientos explicados en otro lugar: así es que, rodeando el hilo á una barra de hierro dulce, se consigue un iman vigoroso que puede sostener grandes pesos; pero cuya energía desaparece totalmente en cuanto la corriente deja de actuar.

Un hilo de cobre recubierto de seda que se contornee en hélice, haciendo que el cabo que la termine se dirija por lo interior de la misma formando su eje, constituye lo que llamamos un *solenoide*: el cual, si se le coloca de modo que goce una gran movilidad, adquiere propiedades notables en cuanto la corriente eléctrica le atraviesa. Se dirige como un iman al plano del meridiano magnético, y si de él se le separa vuelve á su posicion haciendo una série de oscilaciones. Se dirige como los imanes por la accion de una corriente cualquiera que se le presente, tendiendo á colocarse en una posicion perpendicular á la misma. Los solenoides, lo mismo que los imanes, se atraen ó se repelen segun que se ponen en presencia uno de otro los polos de diferente ó del mismo nombre Finalmente estos aparatos actúan como un iman en todos los casos, verificándose las atracciones, repulsiones y demas entre un iman y un solenoide lo mismo que entre dos imanes cualesquiera.

Determinados los medios de producir magnetismo por la accion de la electricidad, nos resta ahora examinar los medios de obtener electricidad empleando únicamente el magnetismo.

342. Si tomamos una barra de hierro dulce D (*figura* 171), dispuesta en forma de herradura, la arrollamos un largo hilo de cobre cubierto de seda, rodeando con él una de las ramas para pasar á la otra, y quedando sueltas las estremidades A B y en presencia de esta herradura y sumamente próxima colocamos otra I de acero magnetizado, los polos N y S de ésta determinarán la imantacion de la de hierro dulce y la aparicion de sus polos S' y N! Haciendo girar al iman por medio de un piñon y una rueda dentada como representa la figura, el magnetismo del hierro desaparecerá cuando éste y el iman se encuentren en planos perpendiculares, y aparecerá de nuevo cuando los planos vuelvan á coincidir, si bien en este caso, como el polo S del iman se hallará donde antes estaba el N, y al contrario, los del hierro se encontrarán tambien cambiados.

La corriente por induccion se establece siendo intermitente, como le corresponde, segun sabemos, puesto que será nula en el caso esplicado de serlo el magnetismo, y ademas cambiará de signo á cada semi-revolucion.

343. Siendo conveniente para este aparato que el iman sea de gran fuerza, y no siendo tan fácil el movimiento de rotacion en este caso, se ha discurrido por Clark una modificacion, que consiste en hacer que el iman quede fijo y el hierro con su hilo arrollado sea el que gire. Con esta disposicion es mas fácil obtener la electricidad que deseamos, y sacar partido de ella para cuantos esperimentos relativos á las corrientes nos convenga emplearla. Se produce la descomposicion de los cuerpos, que en otro lugar hemos esplicado respecto de las pilas y corrientes hidro-eléctricas se obtienen en chispas lo mismo que en las otras, y conmociones sin disputa mas

considerables. La intermitencia de las corrientes no es de ningun modo un obstáculo, pues que haciendo girar con rapidez al electro-iman se viene á conseguir una corrieute contínua; lo que parecia mas dificil de dominar era el cambio de signo, el cual producia necesariamente en la descomposicion de los cuerpos una mezcla de sus factores en cada uno de los polos, y no la separacion que buscamos en cada uno de ellos; pero tambien esto se ha evitado por un mecanismo particular, que hace que el electro-iman se aproxime al iman en una semi-revolucion y se separe en la siguiente, produciéndose del mismo modo en las revoluciones sucesivas. Por este medio se logra suprimir la corriente cuando ha de cambiar de signo, y la velocidad de la rotacion suple á la mayor intermitencia que necesariamente resulta, consiguiendo por este medio la separacion deseada de los elementos de los cuerpos compuestos que se someten á la accion de este aparato.

Llegados á este punto, no puede ya quedar género de duda respecto á la identidad de la electricidad y el magnetismo, y á la que llegará un dia que se establezca respecto de todos los fluidos imponderables; dia en que la ciencia habrá dado un paso inmenso por la sencillez con que sin duda se esplicarán sus fenómenos, y por el dilatado horizonte que entonces mas que ahora debe presentarse respecto al ensanche de sus teorías y aplicaciones.

APENDICE

SOBRE LA

METEOROLOGÍA

POR

Morquecho y Paluwa.