253. Los *telescopios* están esclusivamente destinados á observaciones astronómicas, y el mas sencillo, aunque tambien el mas moderno, es el de *Herschell*, que se compone de un gran tubo abierto por uno de sus extremos y con un espejo cóncavo metálico en su fondo; las imágenes se pintan en el foco del espejo, y allí las examina el observador armado del ocular correspondiente.

El *telescopio de Newton* (*fig.* 131) se compone de un gran tubo con un espejo cóncavo metálico en su fondo C, y otro espejo plano D ó un prisma, para que la reflexion total se produzca, inclinado de 45° al eje del aparato. Los rayos enviados por un objeto A llegan al espejo del fondo, del cual son reflejados sobre el espejo plano D y dirigidos á un ocular E, donde el observador en O ve la imágen amplificada del objeto A situada en B. Este aparato tiene el inconveniente, ademas de la pérdida de luz que produce, de presentar la imágen formando un ángulo de 90° con el objeto.

El *telescopio Gregoriano* (*fig.* 132) está formado por un tubo, en cuyo fondo hay un espejo cóncavo metálico taladrado en su vértice, en cuyo sitio se coloca el ocular E, y en frente de este espejo D otro mas pequeño C, tambien cóncavo metálico. Los rayos enviados por un cuerpo A se reflejan sobre el espejo cóncavo D, desde el cual van á sufrir una nueva reflexion en C para dirigirse al ocular E, donde el observador situado en O verá la imágen amplificada en B. Con la mira de corregir la aberracion de esfericidad se ha ideado el hacer que el espejo C fuera convexo, en cuyo caso se tiene el *telescopio de Cassegrain*.

DEL MAGNETISMO.

LECCION LXXI.

Magnetismo.—Fluido boreal y austral.—Polo norte y polo sur.—Atracciones y repulsiones.—Verificacion de sus leyes.

254. Se encuentran en el seno ó en la superficie de la tierra algunos cuerpos que tienen la propiedad de atraer al hierro y de ser atraidos por éste. Estos cuerpos, cualquiera que sea su forma y composicion, reciben el nombre de *imanes naturales*, para distinguirlos de las barras ó agujas de acero, á quienes se han comunicado las propiedades magnéticas por procedimientos que indicaremos mas adelante, y por cuya razon se llaman *imanes artificiales*.

La fuerza que produce los fenómenos magnéticos no es como la gravedad una propiedad inherente á la materia ponderable, sino que depende de la existencia

de un agente particular llamado magnetismo ó fluido magnético, que reside en toda la masa del iman, y cuyas propiedades desaparacen por una elevacion de temperatura, sin que por esto haya variado sensiblemente su peso. Esto pues nos manifiesta que puede considerarse el magnetismo como un fluido imponderable, siendo ademas necesario suponerle compuesto, por las razones que despues indicaremos, de otros dos fluidos elementales que residen á la vez en el mismo iman, y que se distinguen con los nombres de fluido *austral* y fluido *boreal*.

La atraccion mútua del iman y del hierro no solo se ejerce en el contacto y á distancia, sino que tambien al traves del vacío, del aire, del carton y de todas las sustancias que no son magnéticas, aun cuando, como todas las fuerzas atractivas disminuye á medida que la distancia aumenta.

255. La experiencia nos enseña que la accion del iman sobre el hierro no es la misma en todos los puntos de su superficie. Para esto se toma un péndulo magnético compuesto de una esferilla de hierro, suspendida á la extremidad de un hilo delgado, y haciendo variar de posicion al iman, colocado siempre á la misma distancia del péndulo, observaremos que existen dos regiones opuestas, en las cuales se manifiesta una accion muy marcada, en tanto que es casi nula en el intervalo que las separa. Este fenómeno es todavía mas sensible sirviéndonos de manes cuya forma sea cilíndrica ó prismática.

Los dos puntos de la superficie donde parece concentrada la atraccion magnética se llaman *polos*; y la línea que los separa, y en la que la atraccion es nula, recibe el nombre de línea *media ó neutra*. La palabra polo expresa tambien un punto ideal que se concibe en el interior de un iman, y al cual está aplicada la resultante de todas las atracciones ejercidas por toda la porcion del iman situada á un mismo lado de la línea neutra. Los nombres de polo *norte* y *sur*, con que se distinguen, han provenido de que cuando se suspende un iman de manera que pueda girar libremente alrededor de un centro en un plano horizontal, no se fija indiferentemente en todas las posiciones, sino que existe una á la cual vuelve tan luego como se la separa de ella. En esta posicion los dos polos están situados de tal modo que uno de ellos se dirige constantemente al norte y el otro al sur.

Por lo dicho anteriormente pudiera creerse que cada uno de los polos de un iman poseia exclusivamente uno de los dos fluidos, pero la experiencia nos enseña que cuando se divide un iman en dos partes, cada una conserva su línea media y sus dos polos, verificándose lo mismo aun cuando prosigamos la division tanto cuanto lo permitan los medios mecánicos, siendo por consecuencia imposible verificar la separacion de los dos polos de un iman.

256. El fluido magnético no existe solamente en los imanes, puesto que se encuentra tambien en las sustancias simplemente magnéticas, como el hierro. Se demuestra esta propiedad colocando en contacto de uno de los polos de una barra imantada (*fig.* 133) un cilindro de hierro, el cual, bajo la influencia del polo á que está sometido, se convierte en un verdadero iman, que atrae las limaduras y posee la línea media y los dos polos que caracterizan á los imanes naturales y artificiales. Este primer cilindro, una vez imantado por influencia, puede imantar y sostener

otro segundo con quien se ponga en contacto, y así sucesivamente hasta que el peso de los cilindros sobrepuje á la accion magnética.

Pudiera acaso creerse que el magnetismo desarrollado en los cilindros de hierro provenia de una trasmision del contenido en la barra imantada; pero fácilmente nos convenceremos de lo contrario con solo observar que una vez separados los cilindros del contacto del iman, no conservan nada de magnetismo libre; que podemos repetir cuantas veces se quiera este experimento sin que la barra imantada pierda nada de su fuerza; y por último, que si hubiera tenido lugar la trasmision supuesta, los cilindros no contendrian mas que un solo fluido en lugar de los dos que se observan en él.

Será pues necesario admitir: primero, que el hierro, como todos los demas cuerpos simplemente magnéticos, contiene los dos fluidos, pero combinados ó neutralizados el uno por el otro, pues de lo contrario no seria atraido indistintamente por los dos polos de un iman; segundo, que bajo la influencia del polo A de un iman los dos fluidos se descomponen, el fluido B′ del hierro es atraido por ser de nombre contrario, y el fluido A′ repelido por ser del mismo nombre; tercero, que tan luego como cesa la influencia del iman, los dos fluidos separados por ella vuelven á reunirse para formar el *fluido neutro*.

Podemos hacer sensible la neutralizacion mútua de los dos fluidos de nombre contrario suspendiendo del polo A de un iman colocado horizontalmente un cilindro de hierro (*fig.* 134) cuyo peso sea próximamente el límite que el iman pueda sostener, si se aproxima lentamente y por la parte superior el polo B′ de otro iman de la misma fuerza, observaremos que aun antes de ponerlos en contacto se verifica la neutralizacion de los dos fluidos, y el cilindro se separa y cae obedeciendo á la accion de la gravedad.

La descomposicion y recomposicion de los dos fluidos, que como acabamos de ver son instantáneas en el hierro dulce, tardan mas ó menos tiempo en verificarse en las demas sustancias magnéticas. La separacion de los dos fluidos en el acero templado exige fricciones repetidas ó un contacto mas prolongado con el iman; pero en cambio los conserva separados por mucho tiempo. La causa que se opone á la separacion de los fluidos, y que al propio tiempo impide su recomposicion luego que cesa la influencia del iman, se conoce con el nombre de *fuerza coercitiva*. Esta fuerza es tanto mas considerable en el acero cuanto mayor es su dureza, poseyéndola tambien, aunque en menor grado, el hierro batido, torcido ú oxidado.

Demostrada por los experimentos anteriores la no trasmision del fluido magnético del iman al hierro, réstanos probar que tampoco puede cambiar de posicion ni trasportarse libremente de un extremo á otro de los cuerpos que le poseen. En efecto, si cortamos un alambre de hierro en dos partes, cuando sometido á la influencia de un iman hemos conseguido separar sus dos fluidos, observaremos que en la parte cortada no se encuentra la mas leve señal de magnetismo, en tanto que la otra conserva su línea media y sus polos. Este fenómeno nos manifiest que la descomposicion del fluido magnético se verifica separadamente en cada molécula, y solo en esta pequeña extension es donde el fluido puede moverse; de manera que para poder separar los dos fluidos seria necesario cortar una molécula por su mitad.

257. Si una de las superficies polares A de un iman se pone en presencia de las A′, B′ de otro, se ve que atrae la B′ y repele la A′. Las tendencias de estas superficies á unirse no solo se manifiestan por la adherencia que contraen, sino por el esfuerzo que necesitamos hacer para separarlas. Este experimento nos manifiesta de una manera indudable que los polos del mismo nombre se repelen, y los de nombre contrario se atraen, y que á cada lado de la línea neutra, ó en las dos mitades del iman, residen dos fuerzas que parecen idénticas, porque actúan del mismo modo sobre el hierro, pero que son en realidad opuestas, porque obran en sentido contrario sobre los imanes, la una atrayendo y la otra repeliendo.

258. Las atracciones y repulsiones, de que acabamos de hablar, están en razon inversa de los cuadrados de las distancias. Esta ley fundamental del magnetismo, sospechada por algunos físicos, ha sido rigorosamente demostrada por Coulomb empleando dos métodos distintos, de los cuales daremos á conocer el mas sencillo, reducido á hacer oscilar una aguja imantada bajo la influencia de un iman colocado sucesivamente á distancias diferentes, contando con cuidado el número de oscilaciones hechas en un mismo tiempo.

Para esto se toma una aguja imantada de una pulgada de longitud, suspendida de un hilo sin torsion, y se la hace oscilar separándola de su posicion de equilibrio, contando el número de oscilaciones que hace en 1′ que supondremos igual á 15. Luego que la aguja vuelve á su posicion inicial, se coloca sobre su prolongacion y á una distancia de 4 pulgadas el polo atractivo de un alambre de acero imantado, cuya longitud sea de 24 pulgadas, y separando nuevamente la aguja de su posicion, se cuenta el número de oscilaciones que hace en el mismo tiempo, bajo la influencia combinada de la tierra y del iman, cuyo número supondremos igual á 41. Se coloca en seguida el alambre á una distancia dupla, ó sea á 8 pulgadas, en cuyo caso el número de oscilaciones hechas por la aguja es 24. Siendo 15 el número de oscilaciones debidas únicamente á la accion magnética de la tierra, nos es muy fácil comparar por medio de los números 15, 41 y 24 las acciones que el alambre de acero ejerce sobre la aguja en sus dos posiciones.

En efecto, representando por F F′ F″ las fuerzas que producen los números de oscilaciones indicados, y atendiendo al enunciado de la ley descubierta por Coulomb, tendremos $\frac{F'}{F}=\frac{(41)^2}{(15)}$: $\frac{F''}{F}=\frac{(24)^2}{(15)^2}$; pero como la fuerza horizontal del alambre en el segundo experimento es F′—F, y en el tercero F″—F resulta de las dos ecuaciones precedentes $\frac{F'-F}{F''-F}=\frac{(41)^2-(15)^2}{(24)^2-(15)^2}=\frac{1456}{351}=4,1.$

Vemos, pues, que en el tercer experimento, en el que la fuerza actúa á una distancia doble, la intensidad magnética es próximamente cuatro veces menor, y que por consecuencia las atracciones magnéticas son recíprocamente proporcionales á los cuadrados de las distancias.

LECCION LXXII.

Propiedades del iman.—Atraccion.—Repulsion.—Direccion.—Declinacion.—Inclinacion.—Explicacion de estas dos últimas circunstancias.—Medios de apreciarlas.

259. Ya hemos indicado en la leccion anterior que cuando se suspende una aguja imantada por un hilo de seda sin torsion se coloca siempre en una posicion fija, á la cual vuelve tan luego como se la separa de ella, haciendo una série sucesiva de oscilaciones. La fuerza que la solicita es indudablemente magnética, porque una aguja que no esté imantada, lejos de experimentar esta accion cuando se coloca en circunstancias idénticas, permanece en equilibrio en todas las posiciones posibles.

Para demostrar que la fuerza que solicita á la aguja actúa de la misma manera que los imanes, bastará invertir sus polos, en cuyo caso deja de existir el equilibrio y la aguja gira sobre su eje, describiendo una semicircunferencia hasta recobrar su primitiva posicion.

Esto nos manifiesta de una manera indudable que la fuerza directiva que obra sobre la aguja distingue los polos, y semejante á un iman, actúa por atraccion sobre el uno y por repulsion sobre el otro.

Examinando con detencion las numerosas observaciones hechas en diferentes puntos del globo, se ha conseguido demostrar que los fenómenos se verifican como si la tierra fuera un gran iman, cuya línea media estuviese situada en las regiones ecuatoriales, y cuyos centros de accion magnética ó polos se hallasen inmediatos á los de rotacion.

Esta consideracion es la que ha servido á los físicos para definir y caracterizar los dos fluidos magnéticos, llamando fluido boreal al que domina en el hemisferio boreal de la tierra, y fluido austral al que domina en el hemisferio austral; pero como los fluidos de nombres contrarios se atraen y los del mismo nombre se repelen, resulta que el polo austral de la aguja es el que se dirige al norte, y el polo boreal al sur. De lo dicho se infiere que, refiriéndonos á los imanes, las expresiones de polo norte y polo austral son sinónimas; así como tambien las de polo sur y polo boreal.

260. En el estado actual de la ciencia no es posible fijar exactamente los puntos donde residen los centros de la accion magnética de la tierra; pero sí se demuestra que esta accion es puramente directriz, y que puede representarse por un par de fuerzas.

En efecto, supongamos una aguja imantada (*fig.* 135), móvil en todos sentidos alrededor de su centro de gravedad. Sea A el polo magnético austral de la tierra y B el polo boreal; estando estos dos puntos á una distancia infinita de la aguja relativamente á la longitud de ésta, todas las líneas tiradas desde uno de estos polos á las diferentes moléculas magnéticas de la aguja, podrán considerarse como paralelas. Esto supuesto, el polo boreal B del globo ejercerá sobre todos los elementos de los fluidos austral y boreal de la aguja fuerzas atractivas y repulsivas paralelas todas, y cuyas resultantes f y $-f$ serán iguales á su suma y estarán aplicadas á los puntos a y b, que serán los polos austral y boreal de la aguja. Estas dos resultantes son evidentemente paralelas é iguales.

Del mismo modo observaremos que la accion ejercida por el polo austral A del globo sobre la aguja se compondrá de otras dos fuerzas paralelas, iguales y contrarias f' y $-f'$, la una repulsiva aplicada al polo austral a, la otra atractiva aplicada al polo boreal b de la aguja imantada. Las dos fuerzas f y f' producen en el polo austral de la aguja la resultante F, y las $-f$ y $-f'$ producen en el polo boreal de la misma la resultante —F, las cuales en razon á la simetría de la figura serán paralelas, iguales y contrarias.

De todo lo dicho se deduce que la accion magnética ejercida por la tierra sobre una aguja imantada está representada por un par de fuerzas, las cuales no pueden equilibrarse, al menos que su direccion no coincida con el *eje magnético* de la aguja, ó lo que es lo mismo, con la línea que une los dos polos matemáticos a y b.

261. Hemos supuesto hasta ahora que el eje de una aguja imantada se dirigia exactamente de norte á sur, pero no sucede así en realidad.

Se llama *meridiano magnético* el plano vertical que pasa por la direccion de la aguja imantada móvil alrededor de un eje vertical y por el centro de nuestro globo, ó simplemente la línea que trazaria este plano en la superficie de la tierra. Los meridianos terrestre y magnético son, pues, dos planos verticales, supuesto que ambos pasan por la vertical del punto que se considera; pero estos dos planos pueden hacer entre sí un ángulo mas ó menos grande.

Se llama *declinacion* de la aguja imantada en cada lugar el ángulo AEC (*fig.* 136) comprendido entre la meridiana AB y el eje CED de la aguja, ó lo que es lo mismo, el ángulo que la direccion de la aguja horizontal hace con la meridiana.

La declinacion es oriental ú occidental, segun que el polo austral de la aguja se dirija al este ó al oeste de la meridiana.

Todo aparato propio para observar la declinacion se llama *brújula de declinacion*. La aguja de las brújulas tiene en su centro una pieza cóncava de ágata que se apoya sobre un estilete vertical, alrededor del cual puede girar libremente. Su forma debe ser la de una flecha prolongada de poco espesor, cuyas extremidades se mueven sobre un cuadrante dividido que permite calcular el ángulo formado por la direccion de la aguja con la meridiana astronómica del punto donde se hace la observacion, lo cual se consigue haciendo coincidir con la meridiana el rádio del cuadrante que termina en el cero, y observando el arco comprendido entre este punto y la extremidad norte de la aguja. La declinacion magnética varía con las latitudes, supuesto que existen puntos en la superficie de la tierra donde es occidental, otros en que es oriental, y finalmente algunos donde es completamente nula. Las líneas

que pasan por los puntos en los cuales la direccion de la aguja de declinacion coincide con la meridiana, se llaman *líneas sin declinacion.*

262. Cuando en vez de colocar la aguja magnética sobre un eje vertical la colocamos sobre uno horizontal que pase por su centro de gravedad, resulta el aparato conocido con el nombre de *brújula de inclinacion.* El eje de esta aguja no solamente se coloca en el plano del meridiano magnético, sino que su posicion en dicho plano es tal que forma con el horizonte un ángulo variable tambien con los sitios y las épocas en que se verifican las observaciones.

La simple inspeccion de la figura adjunta (*fig.* 137) nos dará una idea del medio empleado por los físicos para determinar la inclinacion. BCAD es un círculo vertical en cuyo centro se coloca una aguja imantada FE móvil alrededor de un eje horizontal. El ángulo que la aguja forma con la vertical CD varía con la direccion del plano vertical en que se mueve. Si este plano es perpendicular al del meridiano magnético, el arco DE es nulo, en cuyo caso FE coincide con CD; pero á medida que se aparta de esta posicion disminuye el arco AE y llega á su minimum cuando el círculo ACBD se confunde con el meridiano magnético. Este valor minimum del arco AE es el que sirve para medir la *inclinacion magnética.*

La inclinacion varía tambien rápidamente con la latitud, es casi nula en el ecuador, y difiere poco de 90° en las regiones polares. La série de puntos donde la aguja permanece sensiblemente horizontal forma alrededor de la tierra una curva, conocida con el nombre de *ecuador magnético.*

263. Cuando la distribucion del magnetismo en las agujas se ha verificado con toda la posible regularidad, se observa que el eje magnético de las brújulas coincide con el eje de figura; pero esto sucede muy pocas veces. Así pues, si para medir la declinacion tomamos el ángulo que forma el eje de figura con la meridiana astronómica podremos cometer un error grave, el cual se evita empleando el siguiente método conocido con el nombre de *método de inversion.* Si suponemos que en la primera observacion se nota una declinacion de 23° y que el eje de figura y el magnético de la aguja formen un ángulo de 3° hácia la derecha, invirtiendo la posicion de la aguja, el ángulo de 3° quedará el mismo, con la sola diferencia que estará dirigido hácia la izquierda. La declinacion observada será 23° × 6°, de suerte que tomando la semisuma de las dos observaciones obtendremos la verdadera declinacion. Este procedimiento es ambien aplicable á la aguja de inclinacion para obtener la verdadera.

LECCION LXXIII.

Variaciones y perturbaciones de la aguja imantada.—Accion de los imanes sobre los demas cuerpos.—Medios de imantar.

264. Las brújulas de inclinacion y declinacion, que como hemos visto varian de posicion en los diferentes puntos del globo, experimentan tambien en un mismo lugar variaciones mas ó menos considerables.

En efecto, la inclinacion de la aguja magnetica, que en 1671 era en Paris de 75° ha disminuido progresivamente de tal modo que en 1835 estaba reducida á 67°, 24′; sin que se observe fenómeno alguno que pueda hacernos suponer que se aproxima á su límite.

La declinacion de la aguja en el mismo punto ha experimentado tambien variaciones notables, puesto que desde 1580 á 1835 se ha notado una diferencia de 33°; habiéndose observado ademas: primero, que en 1663 era nula; segundo, que despues de las primeras observaciones su marcha ha sido sensiblemente progresiva hácia el oeste hasta 1814; y tercero, que despues de esta época parece experimentar un movimiento retrógrado hácia el oriente.

265. La aguja de declinacion experimenta ademas variaciones diurnas que no pueden observarse, al menos que nos sirvamos de brújulas sumamente sensibles y exactas. Estas variaciones, nulas durante la noche, empiezan á notarse á la salida del sol, desde cuya época hasta las tres de la tarde la aguja se dirige al oeste, llegando á su maximun entre doce y tres; pasada esta hora en que permanece estacionaria, retrograda otra vez hácia el este hasta las nueve ó las diez de la noche para empezar nuevamente el mismo periodo á la mañana siguiente.

La amplitud de estas oscilaciones varía con las épocas del año, siendo mayores en el estío que en el invierno; su valor medio es de 13′ á 15′ desde Abril á Setiembre, y de 8′ á 10′ desde Octubre á Marzo.

Las variaciones diurnas son mas extensas y menos regulares ó periódicas en los paises del norte, observándose ademas que la aguja no permanece estacionaria durante la noche, pero á medida que nos aproximamos al ecuador la amplitud de estas variaciones va disminuyendo, llegan á ser nulas en el ecuador magnético, y se reproducen en sentido contrario en el hemisferio austral.

266. Independientemente de las variaciones regulares, de que acabamos de hablar, la brújula de declinacion experimenta otras que son accidentales, y se conocen con el nombre de *perturbaciones.*

Estas variaciones, producidas principalmente por la *aurora boreal*, empiezan ya á notarse algunas horas antes de que aparezca este metéoro, permaneciendo aun despues de su completa desaparicion, y haciéndose sensibles á distancias inmensas, si bien son tanto mayores cuanto mas próxima está la aguja del punto donde se verifica este brillante fenómeno. Los terremotos, las erupciones volcánicas, y sobre todo las descargas eléctricas verificadas en las inmediaciones de la aguja imantada, ejercen tambien sobre su direccion una influencia mas ó menos sensible, pudiendo en muchos casos destruir su magnetismo, ó por lo menos invertir sus polos. Los resultados de semejante trastorno pueden ser fatales, principalmente á los navegantes que confiados en las falsas indicaciones de su brújula correrian á una muerte casi cierta precipitándose sobre los escollos.

267. Los imanes ejercen una accion muy notable sobre las sustancias que hasta los curiosos experimentos hechos por Coulomb en 1812 se habian considerado co-

mo no magnéticas. El aparato empleado por este físico se reduce á una aguja (*fig.* 138) de seis á ocho milímetros de longitud hecha de oro, plata, vidrio, madera, ó en general de la sustancia orgánica ó inorgánica que se quiere ensayar, suspendida á un hilo de seda y colocada dentro de una campana entre los polos contrarios de dos imanes vigorosos. Cuando estos imanes se aproximan mucho á la aguja se coloca ésta, como si estuviese imantada, en la direccion de la recta que une los dos polos despues de hacer un número mas ó menos grande de oscilaciones.

Para explicar este fenómeno es necesario admitir ó que todos los cuerpos son magnéticos, ó que las agujas empleadas contienen hierro, niquel, cobalto, manganeso ó cromo, únicas sustancias que ejercen accion sobre la aguja imantada. Pero los experimentos posteriores del mismo Coulomb han hecho ver que el último supuesto no tiene lugar, pues seria necesario admitir que cantidades infinitamente pequeñas de estos metales, desapercibidas en un análisis químico, fuesen capaces de producir los fenómenos por él observados.

Los experimentos hechos por Lebaillif, sustituyendo á la aguja del aparato anterior una paja de dos ó tres decímetros, por cuyo eje se atraviesa en parte una aguja de coser fuertemente imantada, y equilibrada por el extremo opuesto con un contrapeso, han puesto fuera de toda duda la accion atractiva que todas las sustancias ejercen sobre la aguja imantada, si se exceptúan el antimonio y el bismuto que la ejercen repulsiva.

268. Los cuerpos en reposo ejercen una accion mas ó menos enérgica sobre la aguja imantada en movimiento; así como los cuerpos en movimiento la ejercen sobre la aguja en reposo. Fácilmente podremos convencernos de la verdad de estas dos proposiciones sin mas que repetir los experimentos hechos por Arago. En efecto, haciendo oscilar una aguja de declinacion sobre placas de diversas sustancias, y aun particularmente sobre una de cobre, se observa que estos cuerpos disminuyen la amplitud de las oscilaciones de tal manera que si la placa es de este último metal, reduce á 4 ó 5 el número de oscilaciones de una aguja que hace 300 ó 400 cuando no tiene que vencer mas resistencia que la del aire.

Se demuestra la segunda proposicion enunciada por medio del aparato siguiente (*fig.* 139): *ab* es un platillo circular de cobre ó de otra cualquiera sustancia, fijo por su centro á un eje vertical *xy*, al cual se da un movimiento rápido de rotacion: *cd* es una abertura circular practicada en el platillo de madera MN y cerrada inferiormente con una hoja de papel pegada á sus bordes con el objeto de que el movimiento de la aguja imantada no pueda atribuirse á las corrientes de aire producidas por la rotacion del disco: por último, completa el aparato una campana ABCD de vidrio, á cuyo cuello se aplica un torno pequeño, alrededor del cual se arrolla el hilo de seda *mn* que sostiene la aguja imantada.

Tan luego como empieza el movimiento, la aguja se separa de su posicion de equilibrio tomando otra fija si la velocidad del disco no es muy considerable, y de a cual se separa tambien girando en el mismo sentido que el disco á medida que aumenta la velocidad de éste, venciendo en todos los casos la torsion del hilo y la atraccion de la tierra que la dirigen al meridiano magnético.

La intensidad de la fuerza desarrollada por la rotacion depende de la distancia de la aguja al platillo, de su longitud, de la intensidad magnética de sus polos, y de la velocidad, espesor y naturaleza de la placa. Finalmente se ha observado tambien que las soluciones de continuidad, y sobre todo las hendiduras practicadas en el sentido de los rádios del disco, disminuyen considerablemente la intensidad de la fuerza, la cual recobra cuando se sueldan estas hendiduras con un metal cualquiera, pero de ningun modo si se rellenan con agua, ácidos ó polvo metálico.

269. Cuando se coloca una barra de hierro dulce de tres ó cuatro pies de longitud en posicion vertical, ó mejor aun en la direccion del eje magnético del globo, adquiere inmediatamente el magnetismo, observándose que el polo austral corresponde á la extremidad inferior y el boreal á la superior. Este estado magnético no es duradero sino en tanto que la barra permanece en la posicion indicada, haciéndose cada vez menos sensible á medida que se separa de su direccion primitiva; pero careciendo el hierro de fuerza coercitiva, y no oponiendo resistencia alguna al movimiento interior de los dos fluidos, se observa que la sola inversion de la barra produce la recomposicion de estos y una nueva separacion en sentido inverso.

Si quisiéramos fijar los dos fluidos separados por la influencia de la tierra, bastaria comunicar á la barra de hierro una fuerza coercitiva por medio de la percusion con un martillo, ó sometiéndola á la torsion si su espesor se prestase á ella. Reuniendo veinte ó treinta alambres imantados por este medio, haciendo que los polos del mismo nombre estén en la misma direccion, se obtienen manojos capaces de comunicar á las barras de acero potencias magnéticas muy enérgicas.

270. El procedimiento mas sencillo para imantar una barra de acero es el conocido con el nombre de *método de simple friccion*, el cual está reducido á hacer resbalar, siempre en un mismo sentido, el polo de un iman sobre la barra que se quiere magnetizar colocada en posicion horizontal. Este método desarrolla muy poco magnetismo, pues que teniendo que pasar un solo polo por los diferentes puntos de la barra, los constituye en estados magnéticos diferentes, destruyendo en unas posiciones el efecto producido en otras. Tiene ademas el notable inconveniente de desarrollar *puntos consecuentes*, especie de polos interpuestos entre los dos principales, debidos á la resistencia que opone la fuerza coercitiva del acero. La extremidad de la barra que el iman abandona la última adquiere un polo contrario, y la otra extremidad un polo del mismo nombre.

271. El método de doble friccion y de *contacto separado*, inventado por Knight y perfeccionado por Duhamel, se emplea con preferencia para imantar las agujas de las brújulas, cuyo espesor no pasa de 4 ó 5 milímetros, en razon á que no desarrolla puntos consecuentes. Se practica colocando dos fuertes barras imantadas en una misma línea, y cuyos polos opuestos estén muy inmediatos (*fig.* 140). Se apoya sobre estas barras la lámina *ab* que se quiere imantar, se aplican en su parte media y por sus polos contrarios otras dos barras magnéticas inclinadas de 25 á 30°, colocándolas de modo que cada una se apoye sobre la lámina por el mismo polo que la barra fija, del cual se encuentra mas próximo y se deslizan separadamente, hasta

las extremidades de la lámina: una vez que han llegado á los extremos, se levantan y colocan en el medio para repetir las fricciones del mismo modo, cuidando de conservar constante la inclinacion indicada.

272. El método de doble friccion y de *doble contacto*, imaginado por Mitchell y perfeccionado por Æpinus, es el que desarolla mayor cantidad de magnetismo, y se emplea para imantar barras de gran espesor; si bien tiene el inconveniente de desarrollar puntos consecuentes. Se coloca la barra que se quiere magnetizar de la misma manera que en el método anterior, é inclinando los imanes superiores de 15 á 16°, se sitúan en la parte media, desde cuyo punto se mueven unidos hasta una de las extremidades; desde ésta pasan sin separarse de la barra á la extremidad opuesta, y despues al medio, repitiendo muchas veces las fricciones por ambas caras y cuidando de volver siempre al medio por la extremidad opuesta á aquella por la cual se ha empezado.

273. La cantidad de magnetismo que se desenvuelve en una barra crece con la fuerza de los imanes que actúan sobre ella; pero la cantidad de fluido libre que puede conservar es susceptible de un límite dependiente de la fuerza coercitiva. Se dice que está *saturada de magnetismo*, ó que está *imantada á saturacion*, cuando contiene la cantidad maximum de fluido libre que puede conservar, lo cual se conoce cuando imantada nuevamente en el mismo sentido con imanes mas vigorosos que los empleados anteriormente, no puede adquirir mayor intensidad magnética.

274. La posicion en que se coloca una barra despues de imantada influye notablemente en la conservacion de su intensidad magnética, pues el globo terrestre puede en circunstancias dadas aumentarla ó disminuirla. Se conserva en lo posible la energía de los imanes empleando las *armaduras*, que son unas piezas de hierro dulce, aplicadas á las extremidades de los imanes, las cuales sirven para evitar la recomposicion de los fluidos.

Las brújulas en actividad no necesitan armadura, porque la accion del globo terrestre se opone á la recomposicion de sus fluidos.

DE LA ELECTRICIDAD.

LECCION LXXIV.

Idea general de la electricidad.—Modo de excitarla por frotamiento.

275. Existen varias sustancias, tales como el vidrio, el lacre, el sucino etc., que frotados con un pedazo de paño adquieren la notable propiedad de atraer los

cuerpos ligeros. Este fenómeno, observado la primera vez en el ámbar ó sucino amarillo, llamado por los griegos ἤλεκτρον, es debido á un agente particular que ha recibido el nombre de fluido eléctrico.

Los fenómenos producidos por este agente ó fuerza son acaso tan numerosos y variados como los que produce la gravedad, que como hemos visto abraza los movimientos de los cuerpos celestes y los del polvo que flota en nuestra atmósfera.

Así pues, cuando se consideran los extraordinarios é imponentes efectos del rayo producidos por grandes cantidades de electricidad, cuando otras veces la vemos en menores cantidades y mas difusa producir el vistoso y pacífico fenómeno de las auroras boreales, y cuando por otra parte observamos que la electricidad se halla acumulada con mucha abundancia en todos los cuerpos que nos rodean, esperando solo ser excitada para hacerse patente, dando lugar en este caso á una gran diversidad de fenómenos terrestres, no es estraño que los físicos hayan mirado este agente como uno de los mas universales que emplea la naturaleza en sus operaciones.

Este fluido, imponderado como el magnetismo, se compone tambien, y despues lo demostraremos, de dos fluidos elementales perfectamente distintos, que en el estado ordinario de los cuerpos están neutralizados el uno por el otro, constituyendo el *fluido natural*. Este último fluido no tiene propiedades eléctricas, puesto que, como acabamos de decir, es el resultado de una combinacion neutra de otros dos fluidos, en los cuales residen estas propiedades; haciéndose sensibles únicamente cuando uno de ellos predomina sobre el otro. Veremos en lo sucesivo que la descomposicion del fluido natural puede verificarse por diversas causas, y entre otras por el frotamiento, en cuyo caso uno de los fluidos se halla predominando en el cuerpo frotado y el otro en el frotante.

276. No todos los cuerpos conducen igualmente el fluido eléctrico: algunos, como los metales, no solo se electrizan al mismo tiempo en todas sus partes, cualquiera que sea el punto de la superficie á quien se comunique la electricidad, sino que la trasmiten rápidamente de un punto á otro de su masa: otros por el contrario, como el vidrio, las resinas etc., no adquieren la virtud eléctrica mas que en los puntos en que ha sido desenvuelta, oponiendo ademas una resistencia á la trasmision del fluido. Los primeros, y todos los que se encuentran en su caso, reciben el nombre de cuerpos *buenos conductores;* llamándose á los segundos cuerpos *malos conductores* del fluido eléctrico.

Los cuerpos líquidos en general son buenos conductores de la electricidad. Sin embargo, hay algunas diferencias entre ellos, porque se ha observado que los aceites volátiles y el espíritu de vino no conducen el fluido eléctrico con la misma facilidad que el agua; advirtiendo tambien con respecto á ésta que su facultad conductriz se aumenta cuando está acidulada ó tiene algunas sales en disolucion.

Los fluidos aeriformes son malos conductores cuando están en perfecto grado de sequedad; pero en el caso de estar húmedos ó saturados de vapor acuoso conducen el fluido eléctrico con la mayor facilidad. Por esta razon cuando el aire está húmedo no se pueden hacer los experimentos relativos á la electricidad, porque á medida que ésta se produce, el aire se va apoderando de ella y no permite que se acumule en el cuerpo conductor *aislado*.

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

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

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

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

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

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

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

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

LECCION LXXV.

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

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

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

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