

Cuando se han observado las temperaturas de los termómetros se saca la diferencia entre las dos, después, con el auxilio de tablas ya calculadas, se determina, con mucha facilidad, el estado higrométrico (*).

Supongamos que hemos obtenido las siguientes cantidades: 20°5 para el seco y 14°3 para el húmedo; sacamos la diferencia y vemos que es de 6°2. Se busca esta cantidad en la columna superior; cuando se ha encontrado se sigue la línea vertical que corresponde á ese número, hasta encontrar la horizontal que parte de la cifra que indica la temperatura del húmedo, que en este caso particular es de 14°3. El número que está colocado en la intersección será 53, ó sea el estado higrométrico del aire. Es decir, que contiene 53 centésimos del vapor de agua necesario para saturar el aire á la temperatura de 20°5.

(*) Véase las tablas sicrométricas del Ingeniero D. José Zendejas, Sub-Director del Observatorio Central.

CAPÍTULO VIII

MAGNETISMO

SUMARIO. — Imanes naturales y artificiales. — Magnetismo terrestre. — Brújulas. — Procedimientos de imanación.

275. Se le da el nombre de *Magnetismo* á la parte de la Física que estudia los fenómenos que presentan unos cuerpos llamados *imanes*.

Existe en la naturaleza, principalmente en Suecia y en la isla Elba, un mineral de fierro que tiene la propiedad de atraer al fierro, al acero y á otros metales como al cromo, al níquel y al cobalto. Este mineral se llama *pedra imán* ó *imán natural*, y es un óxido de fierro cuya fórmula es Fe^3O^4 . Cuando se le pone sobre limadura de fierro la atrae bajo la forma de penachos colocados irregularmente. Últimamente se ha comprobado que el oxígeno líquido es también atraído por el imán.

La propiedad atractiva de la piedra imán puede ser comunicada por simple contacto á barras de acero templado, las que reciben entonces el nombre de *imanes artificiales*.

Cuando se pone una aguja ó una barra imanada sobre limadura de fierro, la limadura se adhiere á las extremidades principales, notándose que la fuerza

atractiva va creciendo del centro de la barra ó aguja donde es nula, á las extremidades. Estas extremidades ó centros de atracción reciben el nombre de polos y la parte donde no se manifiesta la fuerza atractiva se llama *línea neutra*. El fenómeno es notable cuando la barra de la limadura se ve que está queda adherida á las extremidades de la barra.



Fig. 293. Los polos y la línea neutra.

Se puede hacer también el experimento colocando una hoja de papel sobre la barra imanada, y dejando caer sobre el papel la limadura á través de un tamiz, se observa que las partículas de limadura

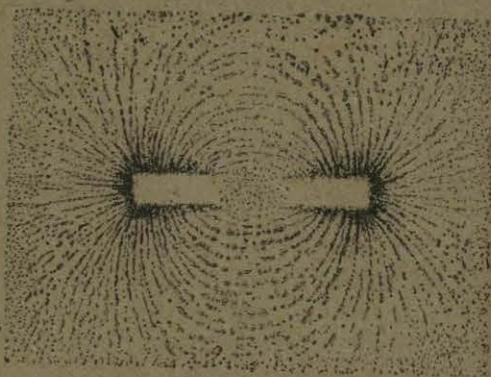


Fig. 294. Las líneas de fuerza.

se sitúan regularmente alrededor de los polos formando las llamadas *líneas de fuerzas* cuyo conjunto constituye el *espectro magnético*. Si el imán tiene forma de herradura, entonces la limadura forma líneas curvas que se unen y forman también *espectro magnético*.

Un imán suspendido libremente se orienta por sí solo en una dirección casi Norte-Sur, y si se le separa de su posición natural, la recobra después de algunas oscilaciones. Este fenómeno tiene por causa la acción que la tierra ejerce sobre los imanes.

En virtud de la ley que dice que *polos del mismo nombre se rechazan y polos del nombre contrario se atraen*, el polo del imán que se dirige al polo Norte de la tierra se llama polo *austral* y el polo que se dirige al polo Sur de la tierra se llama polo *boreal*. Es, sin embargo, más cómodo llamar boreal al que se dirige al Norte y austral al que se dirige al Sur.



Fig. 295. La aguja magnética.

Las agujas imanadas tienen ordinariamente la forma de un rombo muy alargado, son de acero templado y tienen en el centro una cavidad cuyo fondo es de ágata, y que se apoya sobre un pie terminado en punta. De esta manera se consigue que la aguja tenga la mayor libertad en sus movimientos.

La mitad de la aguja que se dirige hacia al Norte tiene generalmente un color azul.

276. *Acción mutua de los imanes.*—Aun cuando los dos polos de un imán ejercen la misma acción atractiva sobre el hierro, la fuerza magnética que poseen es diferente en cada uno de ellos. En efecto, si acercamos el polo austral de una aguja al mismo polo de otra aguja que gira libremente sobre un

pivote, observamos una viva repulsión; pero si se acerca el polo boreal al polo austral de la aguja movable, notamos una atracción. Lo mismo sucederá acercando el polo austral de la aguja que se tiene en la mano al boreal de la aguja movable. Esta acción recíproca queda expresada con la siguiente ley:

Los polos del mismo nombre se rechazan y los de nombre contrario se atraen.

277. *Substancias magnéticas.* — No hay que confundir los imanes con los cuerpos magnéticos. Estos cuerpos como el hierro, el níquel, el acero, el cromo, el cobalto, el oxígeno líquido, no ejercen, en su estado natural, acción unos sobre otros, y además, cuando se les acerca un imán, son indistintamente atraídos por cualquier polo.

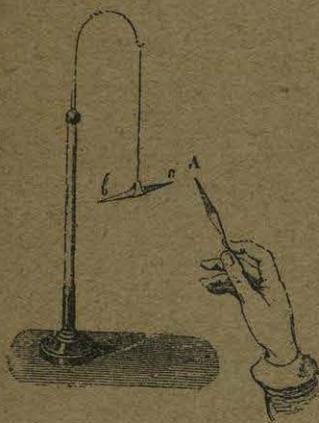


Fig. 296. Los polos del mismo nombre se rechazan.

278. *Influencia magnética.* — Cuando se aproxima a la extremidad de una barra imantada un cilindro de hierro dulce, éste presenta inmediatamente los caracteres de un imán, teniendo sus dos polos situados inversamente a los del imán. Dicho cilindro puede atraer a otro y éste a otro, etc. Este fenómeno se conoce con el nombre de *imanación por influencia*; pero basta retirar la barra para que todos los cilindros de hierro dulce pierdan inmediatamente su poder magnético.

En cambio, si se hace el experimento con cilin-

dro de acero, aunque la atracción es más débil, conservan por mayor tiempo el poder magnético.

279. *Fuerza coercitiva.* — Acabamos de indicar que el acero conserva por mayor tiempo el poder magnético. Esto nos indica que la descomposición por influencia de los dos flúidos magnéticos, y su recomposición cuando la influencia ha dejado de obrar, no se efectúa en todas las substancias magnéticas con la misma facilidad. El hierro dulce, instantáneamente se imana y se desimana (preciosa propiedad que ha encontrado múltiples aplicaciones); pero en el acero, la separación y recomposición de los dos flúidos es lenta y difícil. Este obstáculo para la separación y recomposición de los dos flúidos es el resultado de una fuerza que ha recibido el nombre de *fuerza coercitiva*. El acero templado tiene una gran fuerza coercitiva; el hierro dulce carece de dicha fuerza, pudiendo sin embargo adquirirla, aunque no muy intensa, por la oxidación, la presión ó la torsión.

280. *Teoría del magnetismo.* — Parece resultar del experimento indicado en la figura 293 que en uno de los polos de un imán está exclusivamente acumulado el flúido boreal y en el otro el flúido austral; no sucede así, sino que los dos flúidos están difundidos en todos los puntos del imán. El siguiente experimento lo demuestra:

Cuando se rompe por la mitad una aguja imantada, cada mitad se convierte en un nuevo imán con sus polos y su línea neutra. Cada mitad rota en dos fragmentos da dos nuevos imanes, y así sucesivamente.

Se admite, por lo tanto, que en el hierro dulce y en el acero cada partícula puede imanarse y presentar dos polos bajo la influencia del imán, y en virtud

de las neutralizaciones sucesivas de los polos a' y b se producen solamente dos polos eficaces A y B.

281. *Cuerpos diamagnéticos.*— Los experimentos de Coulomb, Lebaillif y Becquerel han puesto en evidencia que el hierro, el níquel, el acero, el cobalto y el cromo no son los únicos cuerpos sobre los cuales ejercen acción los imanes, pues hay otros muchos que son atraídos y otros que son repelidos.



Fig. 297. Cada fragmento es un nuevo imán.

El oro, la plata, el vidrio y la madera son atraídos, aunque débilmente, por el imán y reciben el nombre de *cuerpos magnéticos*; el bismuto, el plomo, el azufre, la cera y el agua son rechazados, también débilmente, por el imán y reciben el nombre de *cuerpos diamagnéticos*.

MAGNETISMO TERRESTRE. — BRÚJULAS

282. Supongamos una aguja suspendida libremente. El plano vertical que pasa por sus polos se llama *meridiano magnético*, y al ángulo formado por este plano con el meridiano astronómico se le da el nombre de *ángulo de declinación*.

Si consideramos en la figura 298 representado el meridiano geográfico por la línea N S y el meridiano magnético por la línea B A, el ángulo N O B es el

ángulo de *declinación magnética* de ese lugar. La declinación es *occidental* cuando el meridiano magnético está al oeste del meridiano geográfico, y es *oriental* cuando el meridiano magnético está al oriente del meridiano geográfico del lugar considerado.

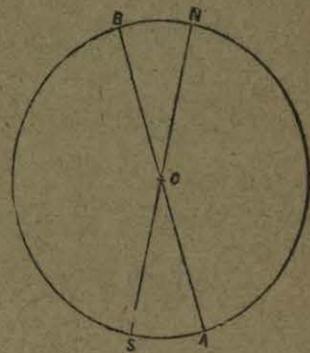


Fig. 298. El ángulo de declinación.

Esta declinación no es la misma en todos los lugares de la tierra, y aun en un mismo lugar experimenta variaciones regulares diurnas, anuales y seculares, y variaciones irregulares bruscas, que son de corta duración.

Una aguja imanada proporciona la manera de obtener en un lugar una dirección fija que sirve para encontrar la posición del Norte, si se conoce la declinación (*).

283. *La brújula.*— La brújula es un instrumento que sirve para trazar la dirección de los puntos cardinales, para las operaciones topográficas y para dirigir los navíos en el mar.

Las brújulas terrestres tienen generalmente la forma de una caja circular que se puede fijar horizontalmente sobre un tripié. La aguja se mueve en el centro de un cuadrante graduado de 0 a 180° a derecha é izquierda de un diámetro que se toma como origen.

(*) Véase «Los Fenómenos del Aire» por Luis G. León.

Para hacer una observación se comienza por nivelar la brújula de manera que el pivote quede perfectamente vertical; después se orienta la línea 0—180

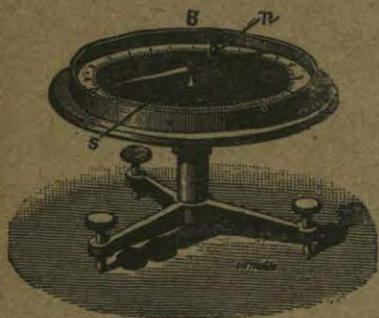


Fig. 299. Brújula ordinaria.

del círculo graduado, paralelamente á la dirección del meridiano geográfico NS del lugar determinado por procedimientos astronómicos. La división del círculo en que se detiene la punta norte de la aguja,

hace conocer la declinación. En México la declinación es oriental y tiene por valor: $7^{\circ} 21' 10''$ (*)

La brújula marina, llamada también *compás*, está formada por una aguja movable sobre un pivote, el disco está pegado sobre la aguja y lleva dibujada una rosa de los vientos.



Fig. 300. Brújula marina.

La aguja es por lo tanto invisible, pero en la caja de la brújula hay una señal llamada *línea de fe*,

(*) Observaciones del Departamento Magnético de Tabucubaya.

que corresponde á la línea de simetría del buque. Se lee el ángulo formado por la línea de fe con la punta norte de la aguja, á ese ángulo se le resta la declinación y se obtiene la verdadera dirección del barco.

Con objeto de que la aguja quede horizontal, no obstante los movimientos del buque, la brújula está suspendida por un sistema especial llamado de *Cardán*.

284. *Acción del imán terrestre.* — Consideremos una barra imanada M' suspendida horizontalmente, y coloquemos abajo de ella otra barra M poderosamente imanada y orientada de cualquier modo, pero de manera que su línea neutra esté sobre la vertical del hilo que sostiene la primera barra. Veremos inmediatamente que la barra M' gira y se coloca en una dirección paralela á la barra M , de tal modo que quedan frente á frente los polos contrarios.

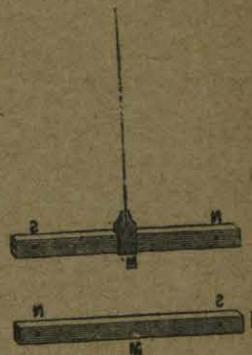


Fig. 301. Acción mutua de los imanes.

Ahora bien, como hemos dicho que un imán suspendido libremente se orienta siempre en la misma dirección, que es casi Norte-Sur, podemos admitir, en vista del experimento precedente, que existe en la tierra un imán poderoso que pasa por el centro del planeta y que se dirige sensiblemente de N. á S. Ese imán se llama *imán terrestre*.

El imán terrestre tiene uno de sus polos en el hemisferio boreal; este polo será el *polo boreal magnético* de la Tierra; el polo opuesto será el *polo austral magnético* de la Tierra. En la figura 302 el plano

NPS es el meridiano geográfico y el plano B'PA es el meridiano magnético.

285. *Inclinación.*— Cuando una aguja magnética está suspendida en un plano vertical, y entonces el pivote tiene que estar horizontal, la aguja toma una dirección fija que depende del plano en que se mueve. Cuando este plano coincide con el meridiano magnético, el más pequeño de los dos ángulos, que forma la mitad austral de la aguja con el horizonte, se llama *inclinación magnética.*

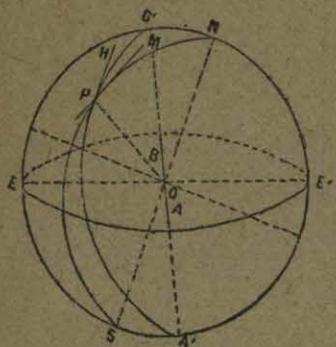


Fig. 302. Los polos magnéticos.

encima de otra y con los polos contrarios frente a frente.

Si los polos son exactamente de la misma intensidad, las acciones contrarias del magnetismo terrestre sobre los polos que están frente a frente se destruyen dos a dos y el sistema es *astático*. Este sistema tiene importante aplicación en el *galvanómetro*, aparato que estudiaremos en el electro-magnetismo.

PROCEDIMIENTOS DE IMANACIÓN

287. Se puede imanar una barra de acero templado: por frotamiento con imanes poderosos, por la acción terrestre ó por medio de la corriente eléctrica.

Este procedimiento es el más eficaz de todos y el único que se emplea cuando se trata de barras de gran sección.

El método de frotamiento con imanes comprende tres procedimientos: 1.º, *por simple contacto*; 2.º, *por doble contacto*; 3.º, *por contacto separado.*

288. *Simple contacto.*— Se frota la barra que se desea imanar con el polo de un imán, deslizándolo de un lado á otro; la última extremidad que toca el imán móvil presenta un polo de nombre contrario al del polo que sirvió para la imanación.

Este procedimiento tiene dos inconvenientes: producir una débil imanación y desarrollar *puntos consecuentes.*

Se da el nombre de puntos consecuentes á unos polos que se forman entre las extremidades de la barra, lo que se reconoce viendo que la limadura de hierro no solamente se agrupa en las extremidades del imán, sino también en otros puntos intermedios.

Entre los puntos consecuentes hay líneas neutras, y dos puntos consecutivos son polos de nombres contrarios, de suerte que si una barra tiene un número impar de polos, sus dos extremidades serán de la misma naturaleza.

289. *Doble contacto.*— Este procedimiento se efectúa como sigue: la barra se coloca sobre los polos contrarios de dos imanes poderosos, y se frota con los polos contrarios de dos imanes inclinados á 20º sobre la barra. Los polos de los imanes frotadores están separados uno de otro por una piececita de madera, y colocados en el mismo orden que los imanes inductores ó sea los imanes fijos.

La fricción se efectúa con los dos imanes, del medio á las extremidades, después se recorre toda la

barra hasta llegar á la otra extremidad y así sucesivamente, de extremo á extremo, teniendo cuidado de volver al centro de la barra por la extremidad contraria á aquella en que se comenzó.

Este método, inventado por Mitchell y perfeccionado por Epinus, da un gran poder de imanación pero tiene el inconveniente de desarrollar puntos consecuentes.

En el procedimiento original de Mitchell (1751)

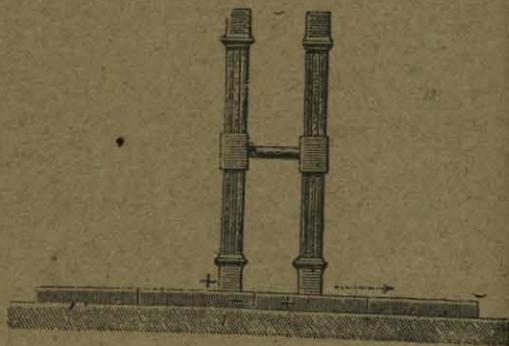


Fig. 303. Procedimiento de Mitchell.

los dos imanes frotadores se colocaban verticalmente y estaban separados uno de otro por una barrilla de un cuerpo no magnético. El campo magnético de influencia quedaba considerablemente aumentado en el intervalo de los polos, por su acción simultánea.

290. *Contacto separado.*— Este procedimiento se debe al físico inglés Knight, quien lo empleó por primera vez en 1755. Consiste en colocar la barra que se trata de imanar sobre dos imanes cuyos polos contrarios quedan frente á frente.

Encima de la barra se colocan dos poderosos

imanes A y A' con sus polos contrarios en contacto; el ángulo que forman estos imanes con la barra que se trata de imanar es de 25 á 30°. Con un imán se frota una extremidad y con el otro hacia la otra extremidad, en el sentido de las flechas; después se levantan, se vuelven á llevar al centro y se frota de nuevo. Después de algunas fricciones en las dos barras la barra queda imanada.

En 1760 Duhamel modificó el procedimiento de Knight colocando los imanes inferiores sobre la barra

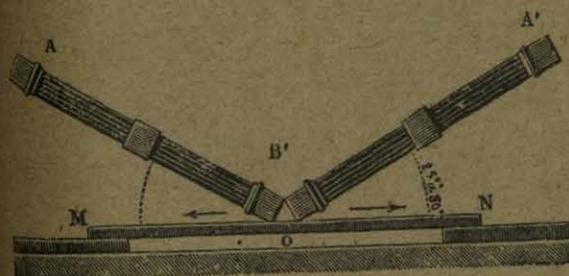


Fig. 304. Procedimiento de Knight.

en lugar de abajo, é inclinándolos ligeramente sobre el horizonte.

Este procedimiento produce bastante poder magnético y tiene la gran ventaja de no desarrollar puntos consecuentes.

291. *Imanación por la acción de la tierra.*— Una barra de hierro dulce ó de acero sin templar se imana espontáneamente con tal de colocarla en el meridiano magnético; pero pierde pronto su poder. Sin embargo, si mientras está el hierro dulce bajo la influencia de la tierra, se le pega bruscamente con un martillo, adquiere fuerza coercitiva, aunque escasa.

La influencia prolongada del magnetismo terrestre

explica la imanación que se observa en algunos objetos de hierro.

292. *Conservación de los imanes.*— Los imanes pierden lentamente su poder si no están de continuo en acción. Se necesita, por esto, *armarlos*; es decir, mantener los polos en contacto con una pieza de hierro dulce, sobre todo cuando se da al imán la forma de herradura, disposición muy cómoda que permite utilizar á la vez la acción atractiva de los polos.

293. *Haces magnéticas.*— Se da el nombre de *hace magnético* ó *imán compuesto* á un conjunto de barras imanadas reunidas paralelamente por sus polos del mismo nombre.

El físico Jamin (*) hizo notar que los imanes solamente poseen poder hasta cierta profundidad, que por lo tanto era conveniente formar los haces con láminas metálicas muy delgadas, colocadas una dentro de otras.

(*) Jamin, físico francés, profesor en la Sorbona, Secretario perpetuo de la Academia de Ciencias.

CAPÍTULO IX

ELECTRICIDAD ESTÁTICA

MARIO. — Cuerpos conductores y cuerpos aisladores. — Leyes de las atracciones y repulsiones eléctricas. — Electrificación por influencia. — Electroscopio y Electrífico. — Potencial eléctrico. — Volt. — Máquinas eléctricas. — Capacidad eléctrica. — Farad y Microfarad. — Condensadores. — Estudio de las chispas. — Efectos producidos por la electricidad estática. — Rayo y pararrayo.

294. *Historia.*— Seiscientos años antes de Jesucristo, el filósofo griego Tales (*) descubrió que el ámbar amarillo (*electrón*, en griego) tenía, cuando se le frotaba, la propiedad curiosa de atraer á los cuerpos ligeros, y explicaba el fenómeno diciendo que el ámbar *adquiría alma* por efecto del frotamiento y atraía á los cuerpos ligeros como por un soplo. Más tarde, Teofrasto, en su «Tratado de las piedras preciosas», menciona la propiedad del ámbar amarillo y hace notar que otros cuerpos, como la turmalina, pueden adquirir por el frotamiento la misma propiedad que el ámbar.

(*) Tales de Mileto, célebre filósofo originario de Fenicia. Nació en el año 639 antes de J. C.; murió en 548. Pasó una parte de su vida en Mileto. Se le cuenta entre los siete sabios de la Grecia.