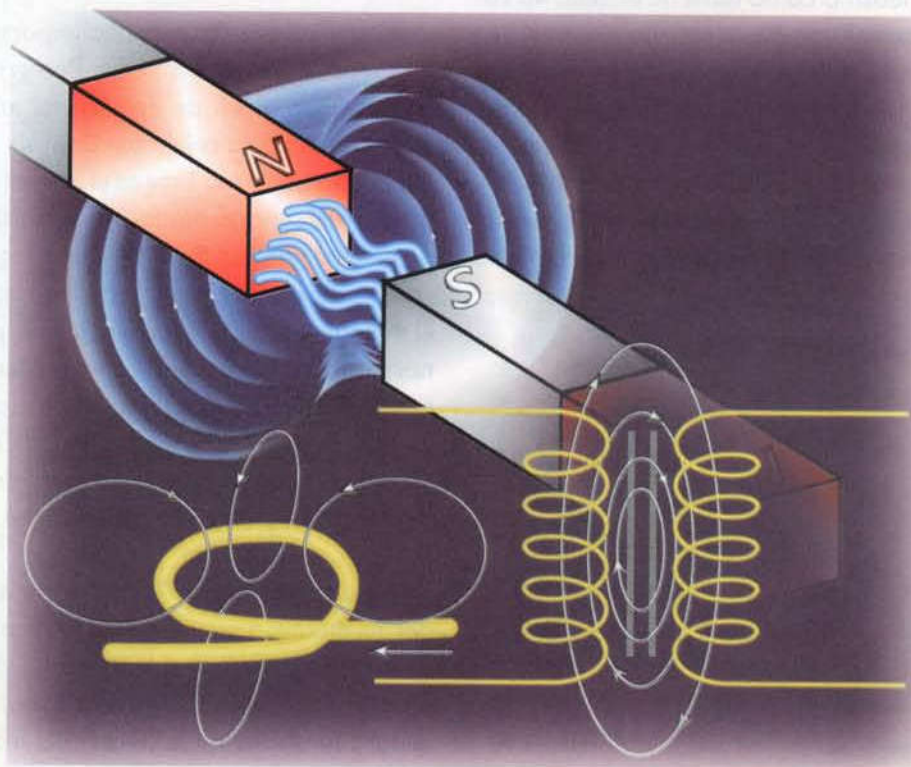


Lección 3

El magnetismo y el electromagnetismo

Ningún estudio de la electrónica sería completo si no se tratan los temas del magnetismo y el electromagnetismo. Muchos de los componentes, los aparatos y las tecnologías modernas, se basan para su funcionamiento en estos fenómenos de la naturaleza. Entre ellos están los transformadores, las bobinas, los parlantes, los motores, los instrumentos de medida, las cintas magnéticas, los discos duros de las computadoras, la comunicación por ondas de radio, los equipos médicos de resonancia magnética, las bandas magnéticas de las tarjetas de crédito, los trenes de levitación magnética, etc. En esta lección estudiaremos qué es el magnetismo y su relación con la electricidad, llamada electromagnetismo.



El magnetismo

Es una fuerza invisible que sólo puede detectarse por el efecto de atracción que produce entre dos más cuerpos. Si el efecto es permanente, estos cuerpos reciben el nombre de **imanes** y si el efecto es producido por la circulación de una corriente eléctrica por un conductor, ya sea recto o enrollado en forma de bobina, se llama electromagnetismo y a este dispositivo se le llama **electroimán**.

Breve historia

El término **magnetismo** tiene su origen en el nombre que en la época de los filósofos griegos recibía una región del Asia Menor, entonces denominada Magnesia; en ella abundaba una piedra negra o piedra imán capaz de atraer objetos de hierro y de comunicarles por contacto un poder similar. Desde la más remota antigüedad se tenía conocimiento de que un mineral, la magnetita (óxido ferroso-férrico) **figura 3.1**, tenía la propiedad natural de atraer al hierro. A esta propiedad se le llamó magnetismo, e imanes a los cuerpos que la poseen. A pesar de que ya en el siglo VI a. C. se conocían un cierto número de fenómenos magnéticos, el magnetismo como tema de estudio no comienza a desarrollarse hasta más de veinte siglos después, cuando la experimentación se convierte en una herramienta esencial para el desarrollo del conocimiento.

También se observó en la antigüedad que un cuerpo magnético puede comunicar su propiedad



Figura 3.1. La magnetita

al hierro (imantar). En el caso del hierro, la imantación cesa cuando se vuelve a separar del imán que la causó. Gracias al conocimiento del imán natural (magnetita), pudo construirse la brújula. La leyenda dice que Hoang-ti, fundador del Imperio Chino, perseguía con sus tropas a un príncipe rebelde y se perdió en la niebla. Para orientarse, construyó una brújula en la cual la figura de una mujer supuestamente imantada, siempre apuntaba al sur y así atrapó a los rebeldes.

Se dice que los chinos utilizaban una especie de brújula en el siglo XII a.C., pero hasta el final del siglo XII d. C. no se tiene una clara referencia de un compás marítimo. Para ese entonces los europeos habían ya desarrollado una brújula, pues ya en 1200 d.C., Neckam of St.Albans muestra agujas pivotadas que marcan la ruta en su libro De Uten-silibus. Aproximadamente en la misma época, Guyot de Provins, un trovador de la corte de Barbarroja, se refiere en la llamada Bible Guyot al empleo de una piedra que se utiliza para tocar a una aguja. Ésta se montaba sobre una paja que flotaba y podía girar libremente. El uso de esta brújula de flotación era ya común en el siglo XIII d. C.

El primer tratado europeo importante sobre el magnetismo se debe a Pedro Peregrinos de Maricourt, quien el «8 de agosto del año del Señor 1269» escribió su celebrada Epístola a Sygerius de Foucaucort, soldado. Este es el primer informe científico, en el sentido moderno de la palabra, del que poseemos noticias. Peregrinos distingue claramente los polos de un imán permanente; observa que el Norte y el Sur se atraen y que polos iguales, norte por ejemplo, se repelen; además describe cómo, si se fragmenta un imán, se crean otros polos, y discute sobre la aguja pivotada. Asegura también que es de los polos magnéticos de la Tierra de donde los polos del imán reciben su virtud.

Lo que podríamos llamar la etapa precientífica del magnetismo termina y culmina con la aparición de la imponente figura de William Gilbert de Colchester (1544-1603), **figura 3.2**, quien fue el verdadero fundador de la ciencia del magnetismo. Su



Figura 3.2. William Gilbert (1544 - 1603). Estudiante del magnetismo

Magnete Magnetisque Corporibus et de Magno Magnete Tellure Physiologia Nova, usualmente y por fortuna conocido como *De Magnete*, fue publicado en 1600 y puede considerarse como uno de los trabajos clave de la revolución científica que se llevaba a cabo por esas épocas.

Gilbert fue de los primeros “filósofos naturales” que hizo hincapié en el método experimental y que lo utilizó para ahondar en el conocimiento del magnetismo. En los seis libros de que consta *De Magnete*, Gilbert describe múltiples fenómenos, entre los cuales destaca como la atracción entre el hierro y la magnetita imantada puede ser aumentada “armando” la magnetita, esto es, poniendo casquetes de hierro en las juntas de la piedra. Esto hace que el peso que puede ser levantado aumente en un factor de cinco.

Observó además que la atracción se concentra en los extremos de la magnetita. Así, Gilbert detalla como se pueden hacer imanes por medio de tres métodos: tocando objetos imantados; por deformación plástica; y fabricando barras de hierro, calentándolas y dejándolas enfriar. De hecho, estos métodos fueron los que se usaron hasta 1820. Observó también que el calor destruye el magnetismo. En

su último libro presenta sus teorías y trata de encuadrar el magnetismo en el sistema de Copérnico. Uno de sus éxitos fue el de deducir las propiedades de atracción de polos opuestos y otro, el de que la Tierra se comporta como si tuviera un imán enterrado en ella. **Figura 3.3**

Cómo se produce el magnetismo

En el caso de los imanes naturales, o de los cuerpos imantados, la corriente que origina el magnetismo es el conjunto de todas las corrientes elementales que poseen los electrones girando alrededor de sus núcleos. En la mayoría de las sustancias, estos imanes elementales están desordenados, cada uno orientado en una dirección del espacio, por lo que su resultante es nula, y no presentan magnetismo. En ciertas sustancias, como la magnetita, estos pequeños dominios magnéticos pueden orientarse muy fácilmente, debido a influencias externas (puede ser el mismo magnetismo terrestre); cuando varios dominios elementales magnéticos se orientan en una misma dirección espacial, su resultante ya no es nula, y el cuerpo resulta imantado ejerciendo atracción hacia otros cuerpos.

Los cuerpos cuyos dominios magnéticos son fácilmente orientables o sea fáciles de magnetizar, se llaman PARAMAGNÉTICOS. Aquellos otros que por el contrario, resultan difícilmente o nada imantables, se llaman DIAMAGNÉTICOS. Existe un grupo de materiales como el hierro, el cobalto, el níquel y ciertos compuestos especiales que son ex-



Figura 3.3. La tierra es un imán gigantesco

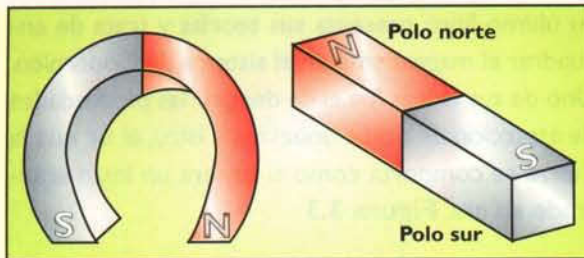


Figura 3.4. Los polos de un imán

tremadamente paramagnéticos. Dado que el hierro es el primero que se descubrió con tal comportamiento, estos materiales reciben el nombre de materiales **FERROMAGNÉTICOS**.

Naturaleza del magnetismo

El estudio del comportamiento de los imanes pone de manifiesto la existencia en cualquier imán de dos zonas extremas llamadas **polos** en donde la acción magnética es más intensa, **figura 3.4**. Para distinguir los dos polos de un imán recto se les llama **polo norte** y **polo sur**. Esta referencia geográfica está relacionada con el hecho de que la Tierra se comporta como un gran imán. **Figura 3.3**

El principio básico del magnetismo establece que: polos de distinto tipo (N-S y S-N) se atraen, **figura 3.5a** y polos del mismo tipo (N-N y S-S) se repelen, **Figura 3.5b**. Las experiencias con brújulas indican que los polos del imán terrestre se encuentran próximos a los polos sur y norte geográficos respectivamente. Por tal motivo, el polo de la brújula que se orienta aproximadamente hacia el Norte terrestre se denomina polo Norte y el opuesto constituye el polo Sur. Tal distinción entre polos magnéticos se puede extender a cualquier tipo de imanes.

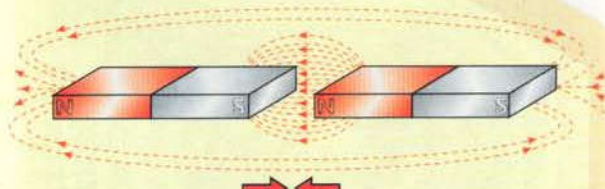


Figura 3.5a. Polos opuestos se atraen

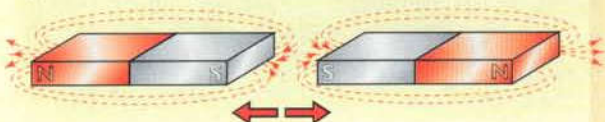


Figura 3.5b. Polos iguales se repelen

Esta característica del magnetismo de los imanes fue explicada por los antiguos como la consecuencia de una propiedad más general de la naturaleza consistente en lo que ellos llamaron la «atracción de los opuestos». Otra propiedad característica del comportamiento de los imanes consiste en la imposibilidad de aislar sus polos magnéticos. Así, si se corta un imán recto en dos mitades se reproducen otros dos imanes con sus respectivos polos norte y sur, **figura 3.6**, y lo mismo sucederá si se repite el procedimiento nuevamente con cada uno de ellos. No es posible entonces, obtener un imán con un solo polo magnético semejante a un cuerpo cargado con electricidad de un solo signo. Como ya lo mencionamos, dicha experiencia fue efectuada por primera vez por Peregrinos, sabio francés que vivió alrededor de 1270 y a quien se debe el perfeccionamiento de la brújula, así como un importante aporte al estudio de los imanes.

Características de las fuerzas magnéticas

A diferencia de lo que sucede con una barra de ámbar electrizada por frotamiento, la cual atrae hacia sí todo tipo de objetos con la condición de que sean livianos, un imán ordinario sólo ejerce fuerzas magnéticas sobre cierto tipo de materiales, en particular sobre el hierro. Éste fue uno de los obstáculos que impidieron una aproximación más temprana entre el estudio de la electricidad y el magnetismo. Las fuerzas magnéticas son fuerzas de acción a distancia, es decir, se producen sin que exista contacto físico entre los dos imanes. Esta circunstancia, que excitó la imaginación de los filósofos antiguos por su difícil explicación, contribuyó más adelante al desarrollo del concepto de campo de fuerzas o **campo magnético**.

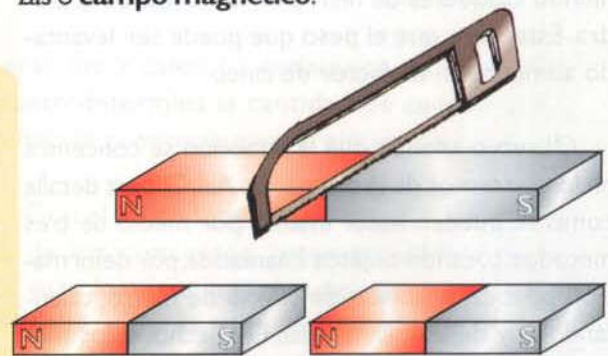


Figura 3.6. Si se corta un imán, quedan dos imanes con sus dos polos N y S

¿Qué es un campo?

Es una extensión o espacio imaginario, en el cual se hace perceptible un determinado fenómeno, por ejemplo: campo gravitacional, campo magnético, etc.

¿Qué es el campo magnético?

Como se vió anteriormente, la atracción y repulsión de polos se debe a una fuerza que actúa alrededor de ellos y es capaz de provocar acciones. Pero la fuerza no sólo actúa en los polos sino que rodea a todo el imán. A ese espacio donde actúa la fuerza magnética se le llama campo magnético. Como el magnetismo es una fuerza que no es visible y solo se puede detectar por los efectos que produce, se suele representar por medio de líneas entre los polos como se ilustra en la figura 3.5. Estas se denominan líneas de fuerza o líneas de campo, las cuales tienen fuerza y movimiento.

Líneas de fuerza

Michael Faraday, de origen inglés, visualizó en 1840 el campo magnético como una zona de influencia ocupada por infinidad de *líneas de fuerza*. Cada línea de fuerza es un lazo de energía magnética que tiene una duración definida: parte del polo norte, atraviesa el espacio encerrado por el campo magnético y regresa al polo sur, volviendo al polo norte. Estas líneas son siempre continuas y no tienen interrupción; por tanto forman un *circuito magnético* cerrado en el imán es decir, lo recorren por fuera y por dentro, (dentro del imán las líneas se moverán de sur a norte). Su intensidad es mayor en los extremos y disminuye en el centro. **Figura 3.7**

Una característica importante de las líneas magnéticas es que no se cruzan entre sí, van en forma curvada y paralela, es decir, de polo norte a polo sur. Resumiendo, las líneas de fuerza muestran la dirección en que se orientaría el polo norte de una brújula, en un punto determinado; todo el conjunto de líneas de fuerza recibe el nombre de *flujo magnético*. Un campo magnético fuerte tiene más líneas de fuerza que uno débil.

Permeabilidad magnética

Es la facilidad con que pueden pasar las líneas de fuerza magnética a través de una sustancia. Puesto que las

líneas de fuerza o flujo magnético pueden atravesar el aire, se toma como base para medirla, la permeabilidad de éste. El término **permeabilidad** es común cuando nos referimos a una prenda de vestir, a una tienda de campaña, a un paraguas, etc., para indicar si el agua se filtra con cierta facilidad o no; luego un paraguas es bueno cuando es impermeable. Del mismo modo los materiales *ferromagnéticos* son aquellos que tienen una elevada permeabilidad; por ello ciertas aleaciones de acero se utilizan en la fabricación de núcleos para bobinas, transformadores, electroimanes, máquinas eléctricas, etc.

Reluctancia magnética

Es el efecto contrario a la permeabilidad magnética, o sea la oposición o dificultad que ofrece una sustancia al paso de las líneas de fuerza. Dicho así, si un material deja pasar con mucha facilidad estas líneas se dice que tiene poca reluctancia o mucha permeabilidad. Es cierto que las líneas de flujo atraviesan cualquier material, pero no todos las dejan pasar con la misma facilidad; esto es similar a la corriente de electrones que circulan por un conductor; en realidad el conductor perfecto no existe, siempre existirá una pequeña resistencia que impedirá, aunque levemente, el paso de los electrones. Por ejemplo el *hierro dulce* tiene poca reluctancia y el aire tiene mayor reluctancia.

El circuito magnético

Como se vió anteriormente, las líneas de fuerza magnética no terminan en los polos del imán, sino que son continuas y cerradas, como la corriente

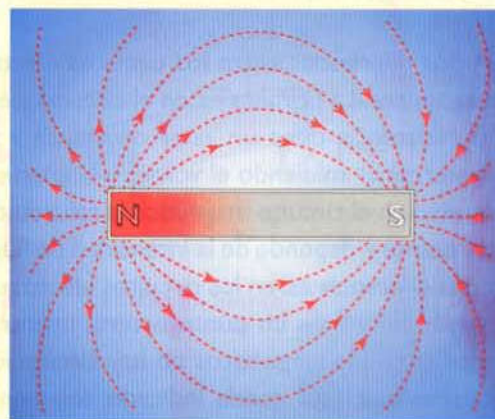


Figura 3.7. Líneas de fuerza

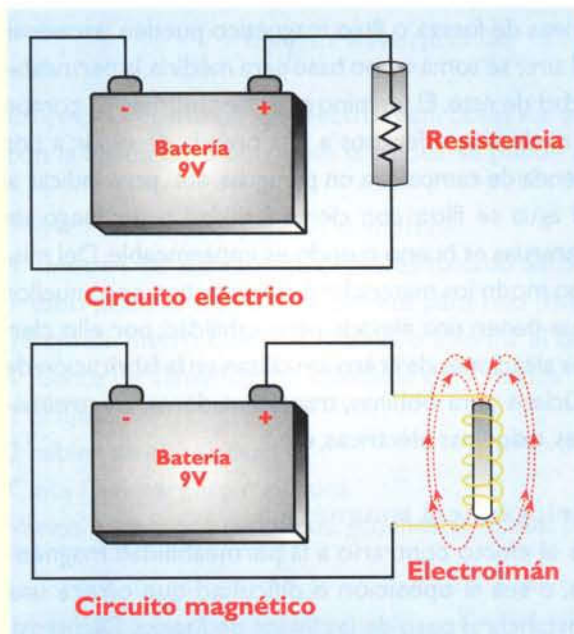


Figura 3.8. El circuito eléctrico y el circuito magnético

eléctrica a través de un conductor o un circuito eléctrico. Así, el circuito magnético es en muchos aspectos, similar al circuito eléctrico. **Figura 3.8**

Veamos las semejanzas entre ambos circuitos. Para producir una corriente eléctrica se requiere de una fuerza electromotriz. Así mismo, para producir un flujo magnético, se necesita una fuerza llamada *magnetomotriz*. En el circuito eléctrico, para una cantidad dada de fuerza electromotriz, la cantidad de corriente depende de la resistencia del circuito. Igualmente, en un circuito magnético, para una cantidad dada de fuerza magnetomotriz, la densidad de flujo depende de la oposición de la sustancia que atraviesa, o sea, de la reluctancia del material.

Hay dos diferencias entre los circuitos eléctricos y magnéticos. La primera es: en el circuito eléctrico la resistencia tiene un valor constante y se puede determinar midiendo el voltaje y la corriente. En cambio en el circuito magnético la reluctancia no es constante y depende de la intensidad de flujo. La segunda diferencia es: en los circuitos eléctricos, la corriente circula de un punto a otro, mientras que en los circuitos magnéticos no hay circulación de flujo, sino que éste queda indicado solamente por la intensidad y dirección de las líneas de fuerza.

Clasificación de los imanes

Los imanes se clasifican en:

1. Naturales: derivados de la magnetita, un mineral de hierro con propiedades magnéticas.

2. Artificiales: hechos por el hombre. Se pueden construir con aleaciones metálicas muy variadas siendo la de más uso el Alnico 5, una aleación de hierro, cobalto, níquel, aluminio y cobre. Son de gran utilidad en las industrias eléctrica y electrónica. Se usan en pequeños motores de corriente continua conocidos como motores de imán permanente, generadores de corriente continua, aparatos de medida, parlantes, bocinas, micrófonos dinámicos, altavoces, pastillas para tocadiscos, etc, **figura 3.9**. También se emplean en aplicaciones industriales.

3. Temporales: se imantan fácil e intensamente, pero pierden su fuerza magnética cuando se suprime la corriente magnetizante. El primer material usado para imanes temporales fue el hierro puro, el cual se calienta y luego se ablanda con un enfriamiento lento. Hoy en día el material más empleado es el hierro con silicio, una aleación que se usa en los núcleos de los transformadores, motores eléctricos, generadores eléctricos y otros equipos.

Procesos de imantación

Normalmente, en un trozo de hierro sus átomos son imanes muy pequeños agrupados sin ningún orden, con los polos norte y sur orientados en todos los sentidos. **Figura 3.10**. Esto hace que sus fuerzas magnéticas se neutralicen y por tanto el trozo de hierro carezca de magnetismo. Cuando este material se somete al frotamiento con un imán o a la



Figura 3.9. Imanes artificiales

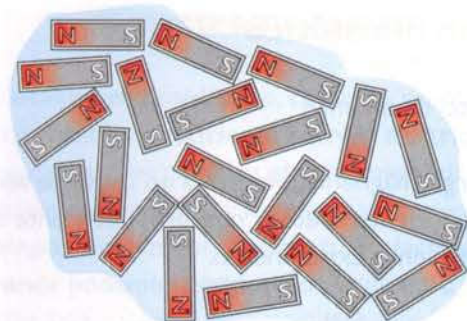


Figura 3.10. Trozos de hierro sin imantar



Figura 3.11. Trozos de hierro imantado

acción de una corriente eléctrica, es decir a un proceso de *imantación*, las moléculas de este material se acomodan de tal manera que los lados de los átomos del polo norte se ordenan en la misma dirección, e igualmente los del polo sur. Para hacerlo, se debe aplicar una fuerza magnética. Tal fuerza deberá actuar en contra del campo magnético de cada molécula, obligándolas de esta manera a orientarse ordenadamente, **figura 3.11**. Esto puede hacerse de dos maneras:

1. Por frotamiento o contacto directo con otro imán: cuando un imán se frota sobre la superficie de una pieza de hierro no magnetizado, el campo magnético del imán alinea las moléculas del hierro y lo magnetiza. **Figura 3.12**. La pieza de hierro se frota siempre en el mismo sentido (sin regresar) y con el mismo polo.

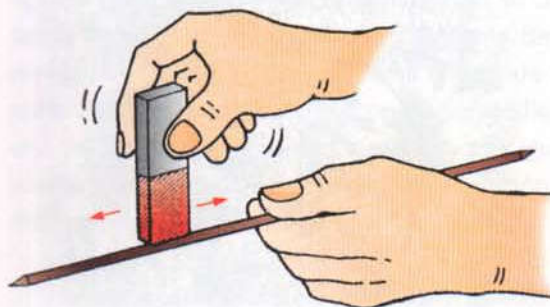


Figura 3.12. Imantación por frotamiento

2. Por acción de la corriente eléctrica: se envuelve un alambre de cobre aislado (bobina) sobre un trozo de hierro o acero. Los terminales del alambre se conectan a una fuente de corriente continua, por ejemplo una batería. **Figura 3.13**. La corriente eléctrica produce un campo magnético, el cual magnetiza al hierro. Este tema lo explicaremos más adelante.

La corriente eléctrica, al circular en un mismo sentido, ordenará todas las moléculas del material de modo que éste quedará magnetizado. Cuando se retira la bobina, gracias a la aleación del material, sus moléculas se quedan orientadas y así tenemos un imán artificial permanente. El proceso de imantación se puede ir perdiendo con el tiempo. En electrónica se emplean algunas herramientas magnetizadas en sus extremos para hacer algunos trabajos, por ejemplo: desatornilladores con la punta imantada, pinzas pequeñas, etc.

Como desmagnetizar un imán

Para desmagnetizar un imán, las moléculas deben modificarse magnéticamente de nuevo, de tal forma que sus campos magnéticos se opongan uno con otro y se anulen. Si el imán es fuertemente golpeado o calentado, las moléculas vibrarán lo suficiente como para volverse a dispersar desordenadamente. Si un imán se coloca rápidamente en un campo magnético inverso, las moléculas del material se desordenarán tratando de seguir al campo aplicado. Un *campo magnético inverso* rápido se puede obtener por medio de una corriente alterna que se aplica a los extremos del imán instantáneamente. En el siguiente experimento verificaremos como trabaja un imán y visualizaremos su campo magnético.

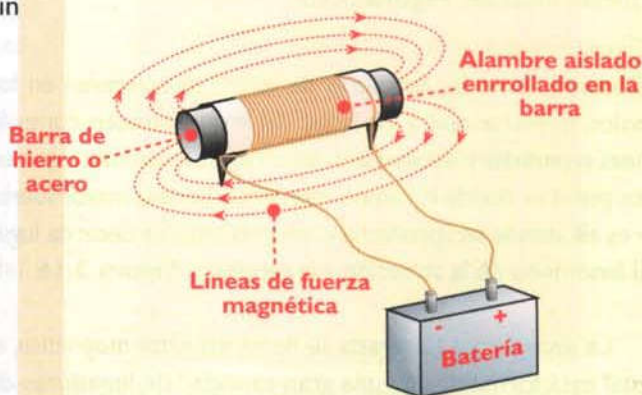


Figura 3.13. Imantación por acción de la corriente eléctrica

Experimento No. 3. Campo magnético

Objetivo: observar las líneas de fuerza del campo magnético de un imán

Los imanes están rodeados de una poderosa fuerza o energía magnética, pero esta no se puede ver, oler, gustar, oír, ni palpar. Podemos reconocer su presencia por los efectos que produce frente a ciertos materiales. Esto podemos apreciarlo mediante el siguiente experimento.

Materiales que se van a utilizar

l imán

1 hoja de papel

Un poco de limaduras de hierro

Pasos que se deben seguir:

Paso I. Tome la hoja de papel, debajo coloque el imán y deje caer pausadamente algunas limaduras de hierro.

Figura 3.14

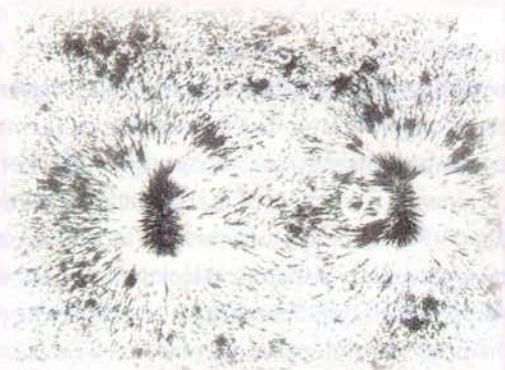


Figura 3.15

Figura 3.15

Paso 2. Continúe regando las limaduras y podrá observar como éstas se acomodan a medida que se depositan sobre el papel y van formando unas líneas entre los dos polos del imán. Cada limadura de hierro actúa como la aguja de una brújula, atrayendo a otras limaduras a sus extremos y así sucesivamente hasta conectar el polo norte con el polo sur. Estas cadenas de limaduras condujeron a la suposición de que la región que rodea al imán contiene *líneas de fuerza invisibles*. **Figura 3.15**

Conclusión

Observe como las limaduras de hierro se acumulan en los polos, mientras que a los lados del imán aparecen como líneas separadas y débiles; esta acumulación nos indica que en los polos es donde el campo magnético tiene la mayor fuerza y es allí donde se aprovecha el magnetismo, es decir, da lugar al fenómeno de la atracción y la repulsión. **Figura 3.16**

La imagen así generada se llama *espectro magnético*, el cual está formado por una gran cantidad de limaduras de hierro que unen los polos del imán.



Figura 3.14

Paso 2. Continúe regando las limaduras y podrá observar como éstas se acomodan a medida que se depositan sobre el papel y van formando unas líneas entre los dos

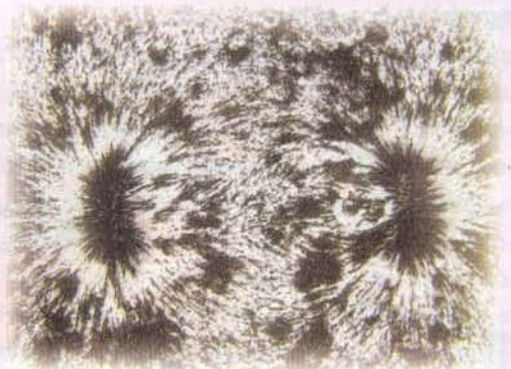


Figura 3.16

El electromagnetismo

El **electromagnetismo**, como su nombre lo indica, estudia las relaciones entre la electricidad y el magnetismo, es decir los efectos magnéticos de las corrientes eléctricas y los efectos eléctricos de los campos magnéticos. Entre estos efectos o fenómenos podemos destacar los siguientes:

1. Si se aplica una corriente eléctrica a un alambre, alrededor de éste se produce un campo magnético. En este fenómeno se basan, por ejemplo, los electroimanes, los relés, los solenoides y los timbres eléctricos. En la mayoría de los casos, el efecto magnético de la corriente se intensifica dándole al alambre la forma de una bobina.
2. Si se coloca un alambre en el interior de un campo magnético, en el alambre se produce una corriente eléctrica. En este fenómeno, llamado **inducción electromagnética**, se basan, por ejemplo, los transformadores y los generadores.
3. Si se coloca un alambre con corriente en el interior de un campo magnético, sobre el alambre se produce una fuerza que lo mueve en una u otra dirección. En este fenómeno, llamado **acción motor**, se basan, precisamente, los motores eléctricos, así como muchos instrumentos para la medición de corriente, voltaje, resistencia, potencia, etc.

Historia

En 1675 Robert Boyle, científico irlandés, publicó el primer libro sobre la electricidad y allí narra lo que ocurre cuando se frota un pedazo de ámbar con un trozo de seda: el ámbar atraerá materiales ligeros como trozos de papel, igual como se comporta un imán con las limaduras de hierro. Benjamin Franklin, en 1752, obtuvo una chispa de una nube cargada de electricidad por intermedio de una cometa; esto demostró que el rayo es igual a una chispa eléctrica. Pero, ¿cuál era la relación del magnetismo con la electricidad?

Hans Christian Oersted, científico y filósofo danés, en 1819 se sorprendió y sorprendió al mundo

cuando descubrió que el magnetismo y la electricidad tenían una relación muy cercana. Observó que en un conductor conectado a una batería, la corriente que circulaba afectaba la aguja magnética de una brújula que se colocaba cerca al conductor y la posicionaba en forma perpendicular a éste. Este experimento pone al descubierto que una corriente eléctrica produce un campo magnético. **Figura 3.17**

Si desconectamos la batería ya no circulará corriente por el conductor y por consiguiente la aguja de la brújula se orientará según el campo magnético de la tierra. La íntima relación existente entre el magnetismo y la electricidad, descubierta por Oersted, fue el principio de una nueva rama del conocimiento científico: el **electromagnetismo**. Esto condujo al descubrimiento de que puede crearse un imán si se envuelve un alambre aislado sobre una barra de hierro, y se hace circular una corriente eléctrica a través del alambre.

El primero que lo demostró fue el francés Dominique Francois Arago en 1820 y el primer electroimán, en forma de herradura, fue construido por el inglés William Sturgeon en 1824.

Con el descubrimiento del electromagnetismo, los científicos empezaron a buscar la manera de convertir en fuerza la relación entre el magnetismo y la electricidad. Si la electricidad podía producir magnetismo, ¿por qué no el magnetismo debía ser capaz de producir electricidad?

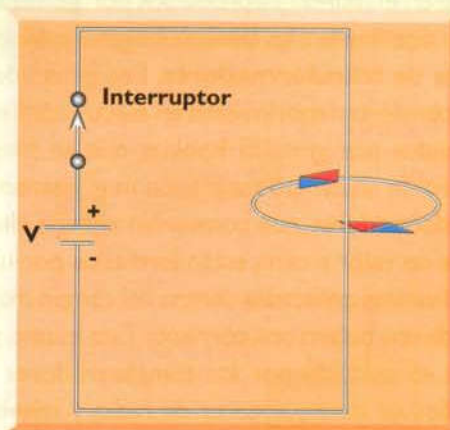


Figura 3.17. Campo magnético alrededor de un conductor, cuando circula corriente por él

Entre 1830 y 1860 los científicos trabajaron en la idea del motor eléctrico, uno de los inventos más importantes en el que se usa un electroimán. En 1831, Michael Faraday construyó el primer motor eléctrico y en esa misma época Joseph Henry también estaba trabajando en ese tema. Tomas Davenport un herrero de Nueva Inglaterra, E.U.A., patentó el primer motor eléctrico en 1837.

Como otra aplicación del electromagnetismo, en 1844, Samuel F.B. Morse envió por primera vez un mensaje por medio del telégrafo eléctrico. Con este produjo sonidos como golpes secos, largos y cortos comparables con puntos y rayas; esto lo logró con una barra móvil suspendida en un electroimán, la que estaba unida por conductores a un interruptor, este último, al cerrarse, enviaba una corriente eléctrica que magnetizaba el electroimán, el cual entonces atraía la barra, produciendo un sonido seco. El mayor o menor impulso eléctrico creaba, en el receptor puntos y rayas, según este código.

Importancia del magnetismo y el electromagnetismo

Los fenómenos magnéticos y electromagnéticos juegan un papel clave en la vida moderna puesto que constituyen el principio de funcionamiento de muchos dispositivos, equipos y sistemas eléctricos y electrónicos que forman parte de nuestra actividad diaria. Por ejemplo:

- Entre 1830 y 1860 los científicos trabajaron en la idea del motor eléctrico, uno de los inventos más importantes en el que se usa un electroimán. En 1831, Michael Faraday construyó el primer motor eléctrico y en esa misma época Joseph Henry también estaba trabajando en ese tema. Tomas Davenport un herrero de Nueva Inglaterra, E.U.A., patentó el primer motor eléctrico en 1837.
- Como otra aplicación del electromagnetismo, en 1844, Samuel F.B. Morse envió por primera vez un mensaje por medio del telégrafo eléctrico. Con este produjo sonidos como golpes secos, largos y cortos comparables con puntos y rayas; esto lo logró con una barra móvil suspendida en un electroimán, la que estaba unida por conductores a un interruptor, este último, al cerrarse, enviaba una corriente eléctrica que magnetizaba el electroimán, el cual entonces atraía la barra, produciendo un sonido seco. El mayor o menor impulso eléctrico creaba, en el receptor puntos y rayas, según este código.
- ### Importancia del magnetismo y el electromagnetismo
- Los fenómenos magnéticos y electromagnéticos juegan un papel clave en la vida moderna puesto que constituyen el principio de funcionamiento de muchos dispositivos, equipos y sistemas eléctricos y electrónicos que forman parte de nuestra actividad diaria. Por ejemplo:
1. La mayor parte de la energía eléctrica que se consume en el mundo es producida por **generadores** y distribuida a las fábricas, hogares y oficinas a través de **transformadores**. Los generadores, que convierten movimiento en electricidad, están formados por grandes bobinas que se mueven dentro de un campo magnético muy intenso. Los transformadores, que convierten energía eléctrica de un valor a otro, están formados por una o más bobinas colocadas dentro del campo magnético de una bobina con corriente. Este mismo principio es utilizado por los transformadores empleados en los receptores de radio y televisión, los estabilizadores de voltaje y las fuentes de alimentación de todo tipo de equipos electrónicos.
 2. La mayor parte de la fuerza que impulsa las máquinas en la industria es producida por **motores**, formados por bobinas con corriente sumergidas dentro del campo magnético creado por unos imanes u otras bobinas con corriente. En este mismo principio se basan los motores utilizados en los electrodomésticos, juguetes, computadoras, ascensores, herramientas, etc., así como los instrumentos de medida analógicos.
 3. La radio, la televisión, la telefonía celular, los satélites, y otros tipos de sistemas de comunicaciones dependen de la interacción de fenómenos eléctricos y magnéticos para transmitir voces, imágenes y datos entre un par de puntos.
 4. Muchos dispositivos utilizados para convertir en electricidad otras formas de energía y viceversa, están basados en fenómenos electromagnéticos. Por ejemplo, en un micrófono dinámico los cambios en la presión del aire producidos al hablar hacen que se mueva una bobina sumergida dentro de un campo magnético y se produzca una corriente que representa la voz.
 5. Muchos dispositivos utilizados como interruptores automáticos en equipos eléctricos y electrónicos son esencialmente electroimanes. Por ejemplo, un relé está formado por una bobina unida mecánicamente a unos contactos. Cuando se aplica una corriente a la bobina, ésta produce a su alrededor un campo magnético, el cual atrae una pieza móvil que cierra automáticamente los contactos normalmente abiertos y abre los normalmente cerrados. En este mismo principio se basan los llamados contactores.
- Los fenómenos magnéticos y electromagnéticos se utilizan también para efectuar diagnósticos médicos, localizar tesoros enterrados bajo el suelo, fundir metales, medir la velocidad del viento, almacenar información en discos y cintas, etc. Definitivamente, muchos de los grandes avances de la ciencia, la técnica y la ingeniería, que caracterizan nuestro mundo moderno, han sido posibles sólo gracias a la comprensión y el aprovechamiento inteligente de las características magnéticas y electromagnéticas de la materia.

Los fenómenos magnéticos y electromagnéticos se utilizan también para efectuar diagnósticos médicos, localizar tesoros enterrados bajo el suelo, fundir metales, medir la velocidad del viento, almacenar información en discos y cintas, etc. Definitivamente, muchos de los grandes avances de la ciencia, la técnica y la ingeniería, que caracterizan nuestro mundo moderno, han sido posibles sólo gracias a la comprensión y el aprovechamiento inteligente de las características magnéticas y electromagnéticas de la materia.

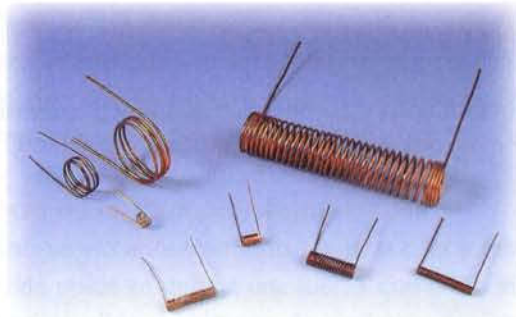


Figura 3.18. Bobinas

Las bobinas

Como hemos visto, el electromagnetismo está muy relacionado con un elemento llamado **bobina**. Una bobina es un enrollamiento de alambre de más de dos vueltas; generalmente están formadas por muchas vueltas de alambre; cada vuelta recibe el nombre de **espira**. **Figura 3.18**

Tipos de bobinas

1. Con núcleo de aire: ya sabemos que la corriente que circula por un alambre conductor tiene asociado un campo magnético. Si ese alambre se enrolla formamos una bobina llamada **solenoid**. Si la bobina se conecta a una fuente de CC, tanto la corriente como el campo magnético se concentran en un espacio muy reducido, pero da como resultado un gran campo magnético. El solenoid actúa como imán en forma de barra con los polos ubicados en los extremos. Como la espira está rodeada de su propio campo magnético, estos pequeños campos se combinan formando un campo muy grande que como se ve, rodea toda la bobina. Puede decirse que esta bobina tiene un núcleo de aire. **Figura 3.19**

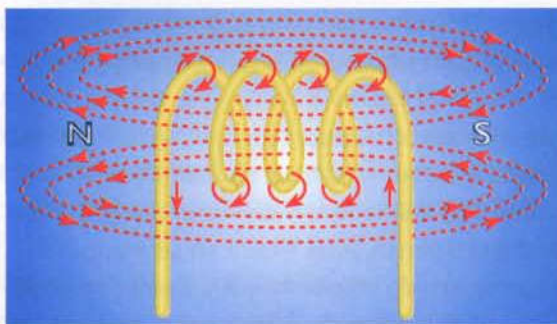


Figura 3.19. Bobina con núcleo de aire



Figura 3.20. Bobina con núcleo de hierro

2. Con núcleo de hierro: si a la misma bobina le introducimos un trozo de hierro dulce y se conecta al mismo voltaje CC, obtenemos un **electroimán**, es decir un solenoid con núcleo magnético. Como el hierro tiene una reluctancia mucho menor, las líneas de fuerza van de un extremo a otro; éstas se concentrarán en el núcleo metálico creando un campo magnético muy intenso. **Figura 3.20**

Polos de un electroimán

Cuando hablábamos del campo magnético indicábamos que las líneas magnéticas se mueven en un sentido definido y es el sentido del flujo magnético quien define los polos norte y sur del campo. En un electroimán, al igual que en un imán permanente, las líneas de fuerza cierran el circuito magnético que es continuo, éstas salen por el polo norte y entran por el polo sur, dentro del imán hacen el recorrido de sur a norte.

Sin embargo, algo muy importante: en un imán permanente sus polos están en el mismo lugar de acuerdo a la magnetización obtenida en su fabricación; en un electroimán no pasa igual, pues el sentido de las líneas de fuerza de una bobina depende de la dirección de la corriente eléctrica, si ésta se invierte, las líneas de fuerza también. **Figura 3.21**



Figura 3.21. Polos de un electroimán

Experimento N° 4. El electromagnetismo

Objetivo: construir un electroimán, observar su comportamiento y comprobar que efectivamente, con la ayuda de la corriente eléctrica, se puede obtener magnetismo.

Materiales que se van a utilizar

- 5 metros de alambre de cobre esmaltado calibre # 30
- 1 tubo plástico o pequeño carrete para hilo (tubino)
- 10 cm de hierro dulce de diámetro inferior al del tubo
- 1 fuente de alimentación o batería de 9 voltios
- 1 brújula
- 2 cables de conexión
- Cinta transparente o silicona
- Varios elementos metálicos: ganchos, broches, puntillas, etc.

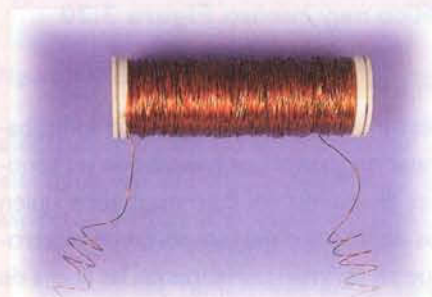


Figura 3.22

Paso 2. Introduzca dentro del tubo plástico el trozo de hierro dulce. **Figura 3.23**

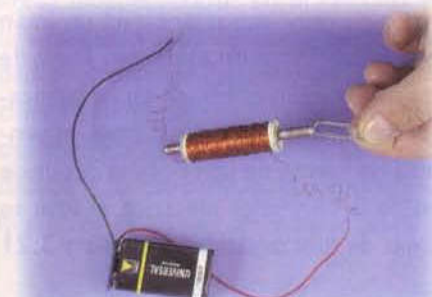


Figura 3.24a

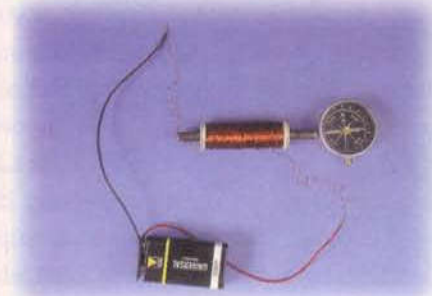


Figura 3.24b

Pasos que se van a seguir:

Paso 1. Se envuelve apretadamente el alambre de cobre barnizado sobre el trozo de tubo plástico, de tal manera que las vueltas queden una enseguida de la otra hasta obtener una bobina, como se ve en la gráfica. Para evitar que el alambre se desenrolle, se puede envolver encima cinta transparente o aplicar silicona en los extremos. **Figura 3.22**

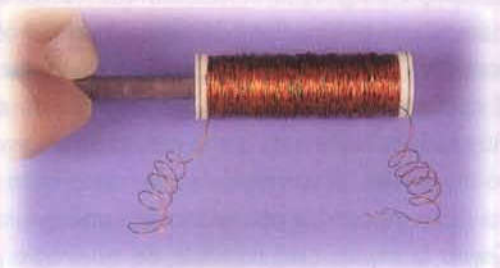


Figura 3.23

Paso 3. Conecte los terminales de la bobina a una fuente de CC (batería o fuente de alimentación), y aplique un voltaje de nueve voltios. **Figura 3.24a**

Observaciones:

1. Acerque una brújula a cada uno de los extremos ¿qué puede observar?
2. Acerque algún elemento metálico: un broche, un gancho, un destornillador, etc. ¿qué siente en su mano?
3. Ahora tome un trozo de madera o de plástico e igualmente acérquelo al electroimán, ¿qué siente en su mano?
4. Como usted ha construido un electroimán, ahora compruebe que también existen líneas de fuerza y que se forma el espectro magnético. Repita los pasos del experimento N° 3.