

La fuente principal utilizada en la elaboración de este material ha sido el libro: **Magnetismo en el aula. Material didáctico para profesores de Educación infantil.**

Autores:

Grupo de Extensión Científica del CSIC:

José María López Sancho

María José Gómez Díaz

María del Carmen Refolio Refolio

José Manuel López Álvarez.

Profesores de la comunidad de Madrid:

Rosa Martínez Gonzáles

Montserrat Cortada Cortés

Isabel García García

Dirección: José María López Sancho

Coordinación: María José Gómez Díaz

Colección: Material didáctico

©Comunidad de Madrid. Conserjería de Educación. Dirección general de Ordenación Académica.2006

El magnetismo desde Tales de Mileto hasta los albores de la Revolución Científica

. MOTIVACIÓN

Einstein en muchas ocasiones explicó sus cualidades como investigador achacándolas a que siempre conservó un espíritu infantil, responsable de sus curiosidades. En una carta a su amigo James Franck (también premio Nóbel) le decía que sólo un niño podía pararse a pensar sobre los problemas del espacio y del tiempo; como él fue persona que conservó el espíritu infantil durante gran parte de su vida (realmente sus maestros lo consideraron un niño retrasado), pudo meditar a edad adulta sobre cuestiones más propias de niños que de adultos.



Albert Einstein

Einstein, como todos los niños, se maravillaba cuando contemplaba el extraño comportamiento de una aguja imantada. Él mismo lo describe en sus memorias:

"A los cuatro años cuando mi padre me mostró una brújula quedé maravillado. El hecho de que la aguja presentase un comportamiento tan regular...no encajaba en el mundo de los efectos por contacto directo. Todavía recuerdo, o al menos creo que recuerdo, que esta experiencia me produjo una impresión profunda y duradera. Algo muy misterioso debe existir para que las cosas se comporten como lo hacen."

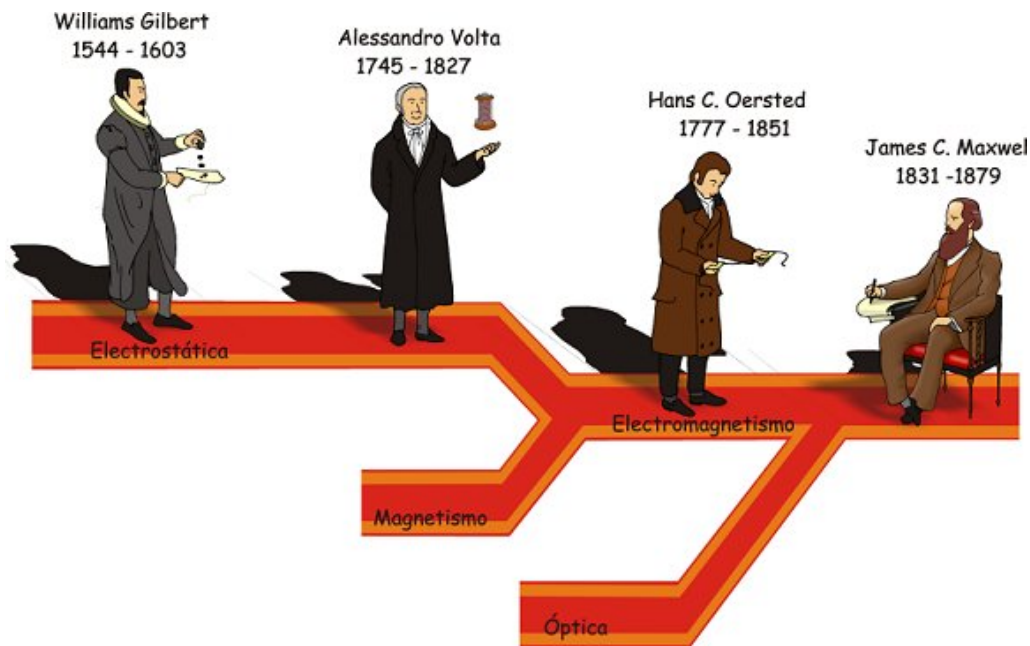
La reacción de Einstein fue la de cualquier niño de esa edad que tiene la suerte de que le muestren una brújula y le hagan notar lo extraño de su comportamiento.

Por ello hemos pensado que el magnetismo es un fenómeno apropiado para señalar la belleza y la importancia de un mundo que no se ve. Además, el magnetismo es una de las fuerzas que proporciona la energía que mueve nuestro mundo. En cada motor eléctrico hay un imán o un electroimán. En cada altavoz y en cada auricular de teléfono hay un imán, pieza clave para su funcionamiento.

La Tierra, el Sol, los planetas y las estrellas tienen campos magnéticos que ellos mismos producen. Muchos animales poseen sentidos que les permiten ver el campo magnético de nuestro planeta y orientarse de esa manera. Las rocas magnéticas adquieren magnetismo cuando se forman. Los ordenadores almacenan sus datos en discos magnéticos, los famosos discos duros. Los médicos "ven" nuestro interior gracias a la resonancia magnética y los imanes nos sirven, además, para cerrar las puertas de armarios y frigoríficos e incluso para sujetar notas en ellas.

Nuestra intención es la de exponer las líneas generales del magnetismo de manera que se puedan entender todos estos fenómenos, extendiéndonos lo necesario para conseguirlo. Finalmente queremos decir que el magnetismo fue un fenómeno misterioso hasta principios del siglo XX. Y fue justamente gracias a Einstein y a su teoría espacial de la relatividad, por lo que se entendió...finalmente. Pero todo esto quedará claro durante nuestro recorrido.

A lo largo de este libro llevaremos a cabo un breve recorrido por la historia del magnetismo, que nos permitirá descubrir los hitos más importantes de estos descubrimientos.



La historia de la ciencia se desarrolla, como se ha dicho muchas veces, de manera semejante a como se desarrollan las novelas de misterio; comienzan con la presentación de un problema científico (equivalente literario a la visita de la escena del crimen), cuyos misterios hay que desvelar contando con el conocimiento de lo ocurrido anteriormente y aplicando la lógica más estricta.

El recorrido histórico que nos lleva **desde la electrostática al electromagnetismo** ocupa dos siglos y medio y sigue tres caminos diferentes que confluyen a mediados del siglo XIX. Los tres caminos corresponden a disciplinas (conjuntos coherentes de conocimientos, independientes en origen) que no pueden plantearse simultáneamente desde el punto de vista didáctico.

Por ello se hace necesario elegir un tipo de programación en el que se presenten las tres disciplinas de forma sucesiva, de manera que podamos entender la fusión de las tres en una sola ciencia.

La elección es difícil; para entender el experimento de Oersted es necesario conocer el funcionamiento de los generadores electroquímicos, pero para presentar estos generadores es muy útil emplear aparatos de medida que utilizan la inducción electromagnética. Esta situación se describe en un proverbio de conocido uso entre los profesores; dice que para entender una

lección en física hay que saber la siguiente. Como hay que elegir un camino, en este trabajo nos centraremos en el estudio de los fenómenos magnéticos producidos por imanes permanentes, especialmente apropiados para un curso de iniciación a la ciencia para alumnos infantiles, aunque intercalaremos los conocimientos de electricidad mínimos, indispensables para entender nuestra exposición. Terminaremos con el experimento de Oersted, dejando abiertas las infinitas posibilidades de la interacción entre el magnetismo y la corriente eléctrica, tanto de aplicación como de estudio. En un próximo trabajo se tratarán las interacciones entre conductores e imanes, los motores eléctricos y los generadores de corriente, que son la puerta que nos llevará a entender la relación entre electricidad y magnetismo, de naturaleza relativista, puesta de manifiesto por los trabajos de Einstein en 1905.

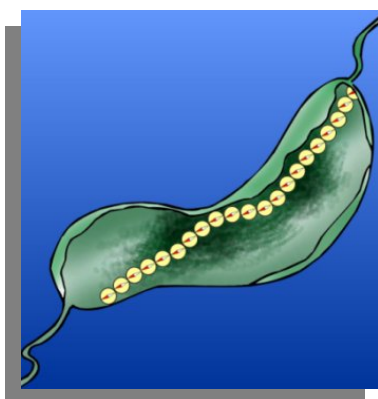


EL MAGNETISMO Y LOS SENTIDOS



El magnetismo constituye uno de los muchos fenómenos físicos que los seres humanos no percibimos con nuestros sentidos. Otros semejantes, como la luz, el sonido, la temperatura, algunas moléculas que producen olores o sabores, etc., sí pueden ser detectados por órganos apropiados de nuestro cuerpo, pero no ocurre lo mismo con los fenómenos magnéticos. Para estudiarlos dependemos exclusivamente de los instrumentos que construyamos, lo que nos indica la importancia que tienen la inteligencia y la capacidad de transmitir conocimiento en el desarrollo de nuestra especie. Estas características hacen del magnetismo una herramienta magnífica para que los alumnos ejerciten su imaginación y formen conceptos sobre fenómenos de los que no tienen un conocimiento intuitivo y, por lo tanto, tampoco tienen preconcepciones ya que, por decirlo de alguna manera, somos ciegos al campo magnético. Pero, a la vez, también sirve el estudio del magnetismo para que los alumnos aprecien la diversidad de los seres vivos, porque, aunque los seres humanos no poseemos sentidos “magnéticos”, muchos otros animales sí los poseen. Por ello comenzaremos nuestra exposición presentando algunas formas de sensibilidad al campo magnético que nos servirá para motivar aun más el estudio de este importante campo de la ciencia.

Algunos casos de sensibilidad al campo magnético



Fue en 1975 cuando el microbiólogo estadounidense Richard Blakemore observó la existencia de un tipo de bacteria que navegaba empleando una brújula, como cualquier capitán de barco. Y la bautizó de una manera muy apropiada: **Aquaspirillum Magnetotacticum**. No había duda. Si se les situaba en un campo magnético las aquaspirillum nadaban impulsadas por sus flagelos o siguiendo las líneas del campo, hacia el polo sur magnético. Las bacterias de Blakemore provenían de los pantanos de Cabo Cod, en Massachussets,

situadas a una latitud Norte. En esa región, debido a la inclinación magnética, sus pequeñas brújulas señalan al interior de la Tierra. Las bacterias siguen esta indicación, huyendo así de la superficie seca y sumergiéndose en su hábitat natural, el cieno húmedo.

Como estas bacterias son anaerobias, el oxígeno es tóxico para ellas. Por esa razón al seguir el campo magnético hacia el norte y sumergirse, se alejan de la superficie y por lo tanto del oxígeno. La sensibilidad de estos organismos al campo magnético se descubrió gracias al microscopio electrónico. En la figura se observa, que las bacterias tienen una cadena de microcristales de magnetita que actúan como pequeñas brújulas y que las orientan en sus desplazamientos.

Inmediatamente se pensó en el caso de las *aquaspirillum* que viviesen en el hemisferio sur y se buscaron en lugares apropiados. Como era lógico, las bacterias del sur tenían su brújula invertida. Y como los científicos y los niños tienen mucho en común, enseguida se les ocurrió una travesura: cambiar a las bacterias la polaridad de su brújula. Es fácil de hacer. Basta someter a las bacterias a un campo magnético intenso de polaridad contraria a la suya. Como resultado su imán se invierte, y convertimos a las bacterias del hemisferio norte en bacterias del hemisferio sur.

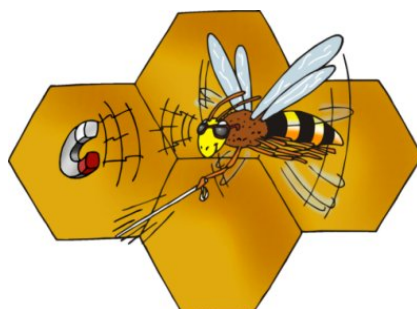
El caso de la *aquaspirillum* no es único. Todos los años, a principios de otoño, unos cien millones de **mariposas Monarca** (*danaus plexippus*) viajan desde los bosques de Canadá y Estados Unidos cuando disminuye la intensidad de la luz solar y se aproxima el invierno. Las mariposas recorren casi 5.000 kilómetros a un ritmo de más de 100 kilómetros por día, para refugiarse durante el invierno en las tierras más templadas de Méjico.



En 1999 Orley Taylor, de la universidad de Kansas, descubrió que estas mariposas navegan utilizando un sentido que les permite “ver” las líneas del campo magnético de la Tierra. Si se introducen en un laboratorio en el que se invierte el campo, vuelan en sentido contrario y si se anula éste vuelan de forma errática.

El órgano sensible al campo magnético parece estar constituido por algún material magnético alojado en la cabeza o en el tórax, que funciona como una brújula.

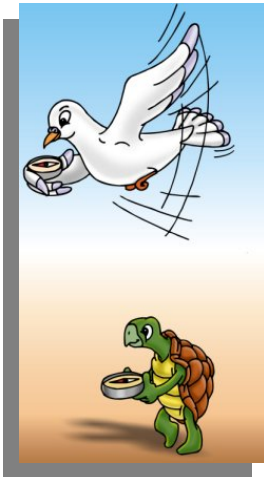
En el año 2001 Jacob Ishay, de la Universidad de Tel Aviv, encontró similares capacidades para orientarse en un campo magnético en las avispas **Vespa Orientalis**, que viven en colmenas y que construye sus panales insertando un pequeño imán en cada una de las



capas de celdas hexagonales.

De esta manera puede orientarse en el interior de su colmena, que se encuentra en total oscuridad.

También se ha encontrado un sentido sensible al magnetismo en otros animales, como las palomas y algunas tortugas. Pero este tema se escapa de nuestro propósito.



Aunque la especie humana no dispone de ningún órgano que le permita orientarse en el campo magnético de la Tierra, ha desarrollado instrumentos que le permiten medir la intensidad y dirección de campos mucho más débiles, y ha aprendido a producirlos y utilizarlos para sus fines.



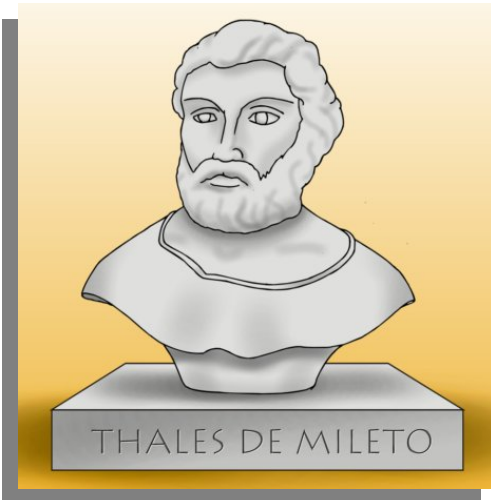
. EL MAGNETISMO EN LA HISTORIA



2.1. Tales de Mileto (624-546 AC). Observación de fenómenos electrostáticos

Iniciamos nuestra historia poniendo de manifiesto las raíces griegas de nuestra civilización, una civilización fundamentalmente científica desde sus orígenes.

Tales nació en la ciudad de Mileto, aproximadamente en el 624 a.c., en el seno de una familia noble y murió en el 546 a.c. Tradicionalmente se ha considerado a Tales uno de los siete Sabios de Grecia (Seven Wise Men), siendo, junto con Solón, de los más citados en las diversas listas en que se les agrupaba. Las referencias acerca de su vida son confusas y contradictorias. Su importancia, de acuerdo con la tradición, radica en que introdujo la geometría egipcia en Grecia.



Fue maestro de Pitágoras y Anaxímedes, y contemporáneo de Anaximandro. Cultivó la astronomía y parte de su fama se debe a

que, de acuerdo con los testimonios de Herodoto y de Plinio el viejo, predijo el eclipse total de Sol en el año 585. Aunque ninguno de sus escritos ha sobrevivido, los conocemos por referencias de otros escritores de la época.

En lo que respecta a nuestra historia, la presencia de Tales se debe a que se le atribuyen las primeras noticias sobre observaciones sistemáticas de fenómenos eléctricos y magnéticos de los que se tiene noticia escrita. Describió cómo, cuando se frota el ámbar con lana o con piel, adquiere la extraña propiedad de atraer pequeñas briznas de hierba seca, trocitos de paja y otros objetos de poco peso, perdiendo al cabo de poco tiempo esta propiedad.



Descubramos junto a Tales algunos de los fenómenos electrostáticos

Se ha dicho muchas veces que el proceso de aprendizaje consiste en realizar un recorrido rápido e inteligente por la historia. Con esa idea, vamos a repetir los experimentos de Tales empleando materiales fáciles de encontrar y sencillos de manipular, apropiados para su empleo en nuestras aulas. Aunque no es difícil encontrar trozos de ámbar para estos experimentos, ya que se viene empleando en joyería desde los tiempos de Tales, nosotros proponemos el empleo de pajitas de plástico, de las de refresco, y una servilleta o pañuelo de papel;

los mejores resultados se obtienen con las toallas de lavabo, que son muy absorbentes y poseen gran resistencia mecánica. Si se quiere disponer de más cantidad de carga eléctrica, aconsejamos utilizar un trozo de unos 50 centímetros de longitud de tubería de PVC no muy gruesa, bien desengrasada con alcohol y electrizada con los mismos elementos.

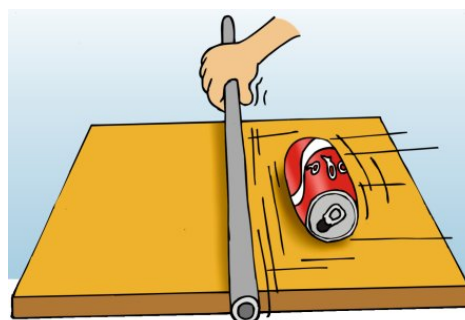


El primer experimento consiste en frotar la pajita o el trozo de tubería con el pañuelo seco durante unos treinta o cuarenta segundos. Inmediatamente adquiere la propiedad de atraer pequeños objetos como

cabellos, confeti y pedacitos de papel.

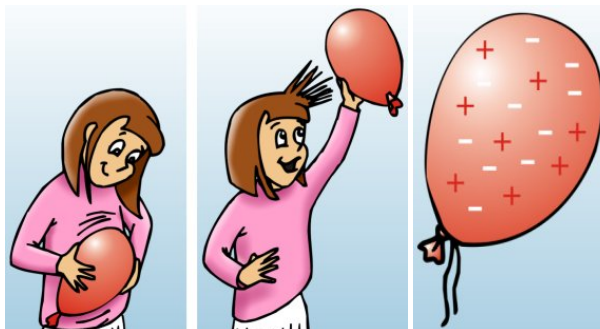
Esta propiedad la pierde cuando pasa algún tiempo, que depende de la humedad del aire, o cuando la descargamos tocándola con la mano. Este fenómeno se llama **electrización por fricción** y en inglés se define: electrification by **friction** occurs when two surfaces are rubbed together.

La fuerza eléctrica es muy fácil de observar. Se pueden realizar experimentos más espectaculares empleando un bote de refresco vacío, una pila de linterna o un lápiz grueso, situados en una mesa de superficie lisa o, mejor, cubierta por una superficie de vidrio. Cuando se aproxima una pajita cargada por frotamiento con una servilleta,



en la forma descrita, veremos que estos elementos se desplazan por la mesa.

También pueden **electrizarse** otros objetos cotidianos, como los globos, que adquieren las mismas propiedades al frotarse con un jersey o con el pelo seco y limpio.



Para explicar estos resultados es imprescindible tener conocimiento del **modelo atómico**, pero en el tiempo de Tales no se conocía; y nosotros, que en este punto de nuestra visita guiada por la historia

vamos de la mano de Tales, debemos dejar para más adelante la exposición de este modelo.

También se atribuye a Tales de Mileto la primera descripción occidental de la propiedad que presentan ciertos minerales de atraer los cuerpos de hierro u otros minerales de las mismas características. Son los **imanes naturales** (en inglés: lodestone or loadstone) y se encuentran en gran número en Magnesia, en Tesalia, Grecia, de donde se dice que proviene su nombre, aunque, un relato popular al que nos referiremos más adelante, asegura que se debe al nombre del pastor que lo descubrió. Los imanes naturales se pueden ver en los museos, donde suelen estar en exposición, sujetando piezas de hierro de algunos kilos de peso.

A loadstone is a natural permanent magnet consisting of magnetite that has the power to attract and be attracted magnetically.

Primer contacto con el magnetismo en el aula

Comenzaremos por una serie de ejercicios fáciles de realizar por los alumnos, de manera que sus efectos les resulten familiares. Para ello lo más indicado es que cada alumno disponga uno o varios imanes de cualquier tipo; los más apropiados son, en nuestra opinión, los de cerámica que se emplean para sujetar notas en las neveras.



El primer ejercicio consistirá en clasificar los materiales que nos rodean en dos grandes clases: los magnéticos y los no magnéticos. Para ello los alumnos no tienen más que determinar si, al poner en contacto su imán con un objeto, aparece una fuerza de atracción entre ambos, siendo necesario ejercer otra fuerza, en sentido contrario, para despegarlo. Esta primera investigación no debe realizarse únicamente en el aula sino que debe extenderse al mundo en que se desenvuelve el niño.

Hay que tener en cuenta que todos los materiales presentan propiedades magnéticas, como veremos a lo largo de este curso. Aquí nos referimos a los materiales ferromagnéticos, como el hierro y el acero, el níquel y el cobalto, que son los que reciben corrientemente el nombre de materiales magnéticos.

Cuando comparemos los hallazgos de los alumnos, podremos encontrar algunos resultados aparentemente contradictorios; algunos pueden haber comprobado que los imanes atraen la carrocería de los coches, en tanto que otros pueden haber llegado al resultado contrario. Esto depende del material con que esté fabricada ya que, aunque la mayoría de los automóviles tienen carrocerías de acero, en la actualidad se empieza a utilizar el aluminio, material no magnético, por su menor densidad. Si el objeto de estudio es una llave, también pueden darse resultados contradictorios ya que también se fabrican tanto del hierro como de aluminio.

Dependiendo de la edad y conocimiento de los alumnos se puede proceder a una clasificación de los materiales, de manera que se encuentre alguna correlación entre sus propiedades magnéticas y su naturaleza u origen.

- De origen vegetal, como madera, hojas, frutas, telas, goma,...
- De origen animal, como la piel del calzado, el hueso, concha de caracol, uñas, pelo, dientes, asta de toro,...
- De origen mineral, como el carbón, la arena (que a veces contiene granos de magnetita, que sí es atraído por los imanes), la piedra pómez, diversos minerales fáciles de obtener,...

Podemos hacer otra clasificación con materiales empleados por el hombre en la fabricación de objetos de uso cotidiano como lavadoras, neveras, puertas (unas magnéticas, en el caso de estar blindadas con una chapa de hierro oculta y otras no), etc.

Para nuestros propósitos diremos que solo son magnéticos los materiales hechos a base de hierro, cobalto o níquel. Si está dentro de nuestras posibilidades, es conveniente contar con un trozo de magnetita, para que vean los alumnos un imán natural.

En la actualidad se sabe que los imanes naturales, que conocía Tales, eran trozos de magnetita (Fe_3O_4) que han sido expuestos al enorme campo magnético generado por un rayo caído en sus proximidades.



Pero ni Tales, en su época, ni nuestros alumnos, con los conocimientos que han adquirido hasta ahora, pueden entenderlo.

Dejaremos la explicación de este fenómeno para más adelante, cuando, al final del libro, estudiemos el experimento de Oersted.

Volvamos a nuestra historia, y veamos las aportaciones de otros científicos....

2.2. Las descripciones de Platón y Aristóteles

Platón (428-347 a.C.) también hace alusión a las propiedades de la piedra imán en sus escritos. Pone en boca de Sócrates la descripción de sus propiedades. Añade al relato de Tales la capacidad que presentan los objetos de hierro de atraer a otros trozos de hierro cuando están en contacto con un imán natural.



“...la piedra no solamente atrae anillos de hierro, sino que les transmite su poder de atraer a otros anillos; algunas veces se pueden ver muchos objetos de hierro colgando unos de otros formando una cadena; y todos reciben su poder de la piedra original, con la que están en contacto.”

Aristóteles (384-322 a.C.) también describe los fenómenos eléctricos y magnéticos, y cita a Tales de Mileto refiriendo que éste atribuye una especie de alma a los objetos inanimados que tienen la propiedad de ejercer fuerzas sobre los demás objetos, como es el caso del ámbar y de la piedra imán o magnetita, abundante, como hemos dicho, en la región de Magnesia.

Sugerencias para el aula



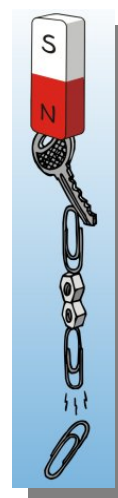
Nosotros podemos repetir en el aula los experimentos a que se refiere Platón, de una manera muy sencilla:

En el primer contacto con imanes, el alumno aprendió a clasificar objetos de acuerdo a su comportamiento en presencia de un imán, llegando a la conclusión de que **el hierro es un material magnético.**

A continuación vamos a realizar experimentos empleando útiles que contengan hierro en su composición. El primero consistirá simplemente en prolongar nuestros imanes con un objeto de hierro, por ejemplo una llave de hierro antigua.

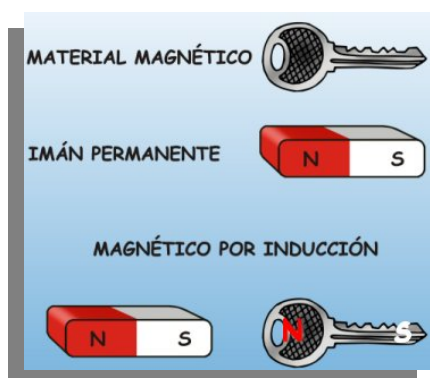
Como ya sabemos, la llave de hierro es atraída por el imán. Pero ¿qué ocurrirá si colocamos otro objeto de hierro, por ejemplo un clip, en el extremo de la llave? El resultado es que la llave atrae al clip.

Este resultado no deja de ser sorprendente, ya que la llave y el clip no se atraen cuando no está el imán, ni éste es tan potente como para atraer al clip a la distancia a la que se encuentra, si la llave no está interpuesta entre ambos. Si en vez de un objeto de hierro, empleamos uno de madera o de cobre, el clip no siente el efecto del imán. ¿Qué quiere decir esto? El efecto del imán se propaga a través del hierro de la llave y llega al clip



haciendo que el conjunto imán-llave se comporte como un imán más largo. Sin duda es un fenómeno que merece la pena investigar.

La primera pregunta que nos surge es si el imán transmite las propiedades magnéticas a cualquier objeto que esté en contacto con él, o sólo a objetos de determinada naturaleza. La respuesta la obtenemos por medio de un experimento tan sencillo como sustituir la llave por otro objeto de diferente material y la misma longitud, y observar el efecto sobre el clip. Si el objeto no es de material magnético, la acción del imán sobre el clip no se modifica al interponer el objeto. Así pues, hemos determinado que **la atracción magnética sólo se transmite a través de materiales magnéticos.**



La siguiente pregunta se refiere a la forma en que las propiedades magnéticas del imán se transmiten a la llave. Esta transmisión puede realizarse **por contacto físico**, como la conducción de la electricidad, o **a través del espacio**, como las fuerzas magnéticas, las eléctricas y las gravitatorias.

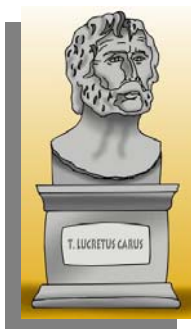
De nuevo el experimento debe darnos la respuesta, y debemos pedir a nuestros alumnos que diseñen los experimentos apropiados para

hallar la contestación.

La prueba más simple consiste en interponer una hoja de papel entre imán y llave, de manera que se interrumpa el contacto directo entre ambos elementos. Comprobaremos de inmediato que el efecto de la llave sobre el clip apenas se atenúa. Si retiramos ahora la hoja de papel, pero mantenemos separados imán y llave, veremos que el efecto de ésta sobre el clip sigue siendo el mismo, lo que nos hace concluir que **el efecto de transmisión de la fuerza magnética no requiere el contacto físico**, resultado al que no había llegado Platón.

Así pues, cuando un objeto de material magnético se encuentra cerca de un imán, se convierte él mismo en imán. El fenómeno se llama **magnetismo inducido** (Induced Magnetism), ya que las propiedades magnéticas que aparecen en el objeto son inducidas por el imán.

2.3. Tito Lucrecio Caro: El poder de los imanes



Tito Lucrecio Caro, fue un poeta y filósofo romano del siglo I (a.C.), contemporáneo de Julio Cesar y Cicerón, seguidor de Epicuro y de los atomistas griegos.

En su poema **De Rerum Natura** (La Naturaleza de las Cosas) describe que ha visto moverse trozos de hierro dentro de un recipiente de bronce cuando éste se acercaba a un trozo de piedra imán.

En el aula



Podemos repetir los experimentos que describe Lucrecio empleando imanes “de nevera”, es decir, de ferrita, en vez de utilizar imanes naturales. Sustituiremos el recipiente de bronce por un cazo de aluminio y emplearemos clips y llaves en vez de trozos de hierro.

En primer lugar desprenderemos los imanes de los adornos a los que suelen estar unidos. Después colocaremos en un recipiente de aluminio, de cobre, de vidrio o de cualquier material no magnético, algunos objetos magnéticos como clips, las monedas magnéticas del grupo del euro (2 euros, 1 euro, 5,2 y 1 céntimo). Si acercamos un imán al exterior del recipiente veremos que los clips y las monedas se mueven, comprobando que el fenómeno de la atracción magnética “atravesaba” las paredes del recipiente y hace que se muevan los clips que se encuentran en su interior.

Lucrecio describe, asimismo, cómo algunos trozos de hierro que han estado en contacto con la piedra imán son repelidos por dicha piedra cuando se acercan a ella. Este es un fenómeno nuevo, tanto para Lucrecio como para nuestros alumnos.

Lo podemos comprobar fácilmente empleando trozos de alambre de acero de unos cinco o seis centímetros de longitud y lo suficientemente gruesos para que no puedan clavarse en las manos, como ocurre con las agujas de coser cuyo uso en clase desaconsejamos. Si estos trozos de alambre de acero se ponen en contacto o en las proximidades de un imán permanente (que hace las veces del imán natural de Lucrecio), cuando se separan o alejan de él, conservan su estado magnético (magnetismo residual o remanente), habiéndose convertido en verdaderos imanes permanentes. Por esa razón, cuando uno de estos trozos de alambre se acercan de nuevo al imán puede ser atraído o repelido dependiendo de la posición relativa de sus polos, de acuerdo con lo que está escrito en *De Rerum Natura*.

Hemos descubierto la existencia de dos tipos de materiales diferentes; uno de ellos, al que pertenece el hierro dulce, no conserva imantación alguna cuando se separa del imán permanente; el otro, al que pertenecen los aceros, permanece imantado aún después de ser separado del imán permanente, convirtiéndose él mismo en imán. Estos dos tipos de materiales recibieron el nombre de materiales magnéticamente blandos y magnéticamente duros, sencillamente porque el hierro dulce es, desde el punto de vista mecánico, muy blando y el acero, empleado en martillos, cuchillos y espadas, mucho más duro. Hoy en día, por cosas de la tradición, se sigue empleando este término.

Ahora nuestros alumnos están en disposición de responder a la pregunta siguiente:

¿Cómo puede saberse, disponiendo de un imán, si un objeto fabricado con material magnético es un imán o un simple pedazo de hierro no magnetizado?

La respuesta es evidente. Si acercamos uno de los polos de nuestro imán a un trozo de hierro no magnetizado, éste será atraído por el imán independientemente de cómo se coloque; en cambio, si está magnetizado habrá siempre una parte del objeto (el que corresponda al mismo polo del imán que se le aproxima) que será repelido. Así pues, el hecho de que un objeto sea repelido por un imán es una prueba inequívoca de que está magnetizado.

Profundizando en la historia: Plinio el Viejo (23- 79 d.C.)

Plinio el Viejo, vivió en la época de Nerón y desempeñó el cargo de almirante durante la de Vespasiano. Escribió una Historia natural enciclopédica, de 37 libros en la que refiere gran número de hechos útiles a la vez que relata leyendas y cuentos de viajeros que ilustran los conocimientos que quiere presentar. Entre ellos, describe la existencia de una montaña de roca magnética, cerca del río Indus y cuenta la historia del pastor Magnes, al que pinta como descubridor del magnetismo, sin duda para personificar el fenómeno y dotarlo de fuerza didáctica.



Había una vez un pastor de nombre Magnes...:

De acuerdo con una de las versiones más populares, Magnes era un pastor griego y un día, cuando se encontraba pastoreando su ganado, se sentó sobre una piedra oscura y reclinó su bastón, de punta de hierro, sobre la misma piedra, quedándose dormido. Cuando despertó vio que sus ovejas se habían alejado; pero cuando se incorporó para seguir las

observó que tanto sus botas, claveteadas con clavos de hierro, como su bastón, de punta de hierro, se habían quedado firmemente “pegados” a la piedra. Desde aquel día se llama magnetismo al fenómeno que describió.

El mes de Agosto del año 79 el Vesuvio entró en actividad. Plinio, jefe de la flota de Miseno, en la bahía de Nápoles, decidió acercarse con sus barcos para socorrer a los habitantes de Pompeya, así como para poder ver la erupción de cerca y describirla en sus escritos. Invitó a su sobrino e hijo adoptivo, Plinio el Joven, a realizar el viaje con él, pero éste, afortunadamente, declinó la invitación quedándose con su madre en Miseno.



Plinio se acercó hasta la ciudad de Estabias y observó que la erupción aumentaba y se tornaba amenazadora, por lo cual organizó una operación de evacuación de los habitantes amenazados.

Pero Plinio, posiblemente debido a su edad, no pudo resistir los gases sulfurosos que emanaban del volcán y murió en la arena de la playa. Su sobrino escribió en su epitafio:

Mi tío fue hombre afortunado. Los dioses le concedieron los dos dones que hacen feliz a una persona: llevar a cabo hechos que merecen ser escritos y escribir obras que merecen ser leídas.



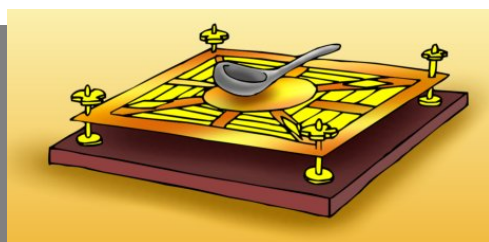
2.4. El estudio del magnetismo en los pueblos orientales

El siguiente paso importante en el conocimiento de los fenómenos magnéticos tuvo lugar, según la tradición, en los pueblos de cultura china, probablemente durante la dinastía Qin (220-206 AC.). Ya hemos dicho que las propiedades magnéticas de los imanes naturales resultaron sorprendentes desde su descubrimiento, sobre todo por la posibilidad de que su virtud podía atravesar objetos y recipientes no magnéticos.

Esto hacía que los objetos magnéticos se empleasen por magos y adivinadores, unas veces con buena intención y las más de ellas con propósitos poco nobles. Incluso el Gran Hudini, aquél mago especializado en escaparse de lugares imposibles, utilizó electroimanes y maletas con fondo de hierro en sus demostraciones.

Se sabe que hacia el siglo III a.C., y con propósitos mágicos, se tallaron en China algunos objetos empleando imanes naturales; entre ellos los más famosos fueron las cucharas magnéticas. Estas se podían modelar de tal manera que se mantuviesen en equilibrio, apoyándose en un solo punto cuando se apoyaban en una superficie plana, lo que las dotaba de la propiedad de girar libremente cuando se acercaba otra piedra imán o, simplemente, un objeto de hierro.

Los adivinos chinos usaron la piedra imán para construir su tablero de adivinar.
Chinese fortune tellers used loadstone to construct their divining boards.



Las primeras cucharas magnéticas se construyeron, con toda probabilidad, sin tener en cuenta la posición de los polos del imán natural, pero pronto se darían cuenta de que las más efectivas eran la que se tallaban de tal manera que las zonas de mayor poder de atracción (es decir, los polos) se encontrasen en la dirección del

eje que iba a lo largo del mango. Por alguna razón se generalizó la costumbre de modelarlas de tal manera que el mango se orientase hacia el sur, con esto la cuchara magnética se convirtió en la primera brújula de la que se tiene noticia histórica.

Como resulta evidente, estas brújulas son difíciles de utilizar en un vehículo en movimiento. Según noticias históricas, en el siglo VIII d. C. estos instrumentos evolucionaron hacia las brújulas de aguja, montadas sobre un soporte que flotaba en agua. A partir de mediados del siglo IX comenzaron a utilizarse en navegación.

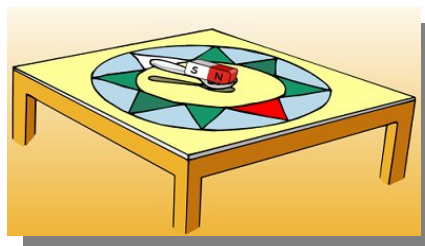
La idea de utilizar la aguja magnética como medio de orientación llegó a Europa hacia el siglo XII. Hasta hace poco se pensaba que esta idea había llegado a Europa a través de la ruta de la seda que unía China con India y Egipto, y desde allí los árabes la habrían introducido en Europa. Pero recientemente se comprobó que los barcos chinos, que desarrollaron una gran actividad comercial con la región del Golfo Pérsico, no llevaban ningún tipo de aguja magnética hasta, al menos, principios del siglo XII, no habiendo ninguna referencia a este instrumento hasta el año 1217 en *De Utensilibus*, del monje Alexander Neckam.



Aplicación para el aula

Aunque no disponemos de piedra imán, podemos reproducir una cuchara china a partir de una cucharilla de café metálica y un imán bipolar. A continuación colocamos el imán con el polo sur orientado hacia el mango de la cuchara (como hemos dicho que se hacía en las cucharas magnéticas chinas) y situado de tal forma que la cuchara quede en equilibrio, en la forma indicada en la figura.

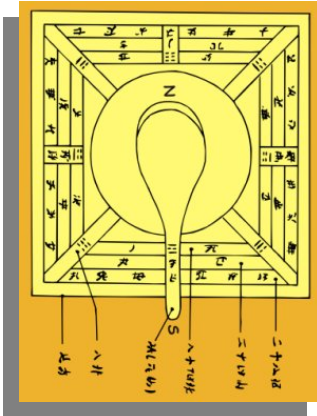
Si apoyamos la cuchara sobre una superficie de vidrio o plástico duro y plano, obtendremos nuestra brújula china, y comprobaremos que su mango señala al sur.



Como hemos dicho, las primeras cucharas magnéticas de este tipo las emplearon los chinos con fines mágicos, es decir, para adivinar el porvenir a cambio de dinero o regalos.

Estos instrumentos son especialmente apropiados para este fin, ya que el mago puede hacer girar el mango de la brújula de acuerdo con sus intereses, sin más que manejar con habilidad un imán natural oculto debajo de la mesa en la que se encontrase la cuchara magnética.

Podemos reproducir este juego colocando una de las cucharas que hemos construido sobre una superficie transparente, plana y dura, debajo de la cual



se introduce (si queremos que “hable”) un papel en el que se haya escrito el alfabeto, de tal forma que el mango de la cuchara señale, al girar, una letra.

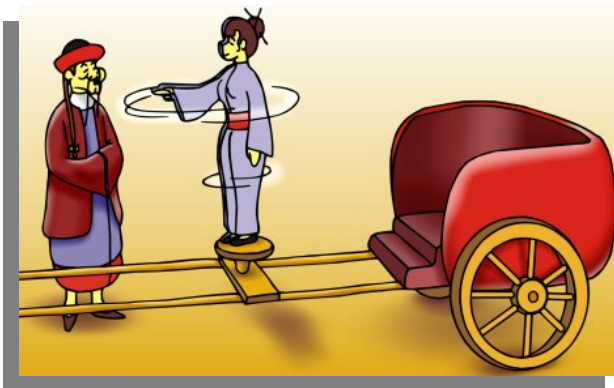
También podemos sentar alrededor de la mesa a un grupo de alumnos y pedir a la cuchara magnética que nos señale al alumno que nombremos, lo que se consigue uniendo un imán a la rodilla y manejándolo de acuerdo con nuestras intenciones.

Debajo del plástico podemos colocar un papel en el que dibujemos la rosa de los vientos, con los puntos cardinales señalados, o una copia de un plano coloreándolo artísticamente, etc.

También podemos emplear un plato de papel o porcelana en el que dibujemos con un rotulador cualquiera de los motivos citados, cuidando siempre de que la cuchara pueda girar libremente.

Son muchas las leyendas que refieren las propiedades extraordinarias de los objetos modelados a partir de imanes naturales.

Una historia nos cuenta cómo Hoang-Ti, fundador del Imperio chino, se encontraba un día realizando importantes maniobras militares cuando cayó una espesa niebla que dejó a su ejército totalmente desorientado.



Para salir de esta situación mandó construir montada sobre un soporte giratorio una figura de mujer con la mano extendida, empleando la piedra mágica, de tal manera que el brazo de la figura señalase al sur, como se indica en la figura. Así lograron orientarse y dirigirse a sus cuarteles.

Esta práctica es fácil de reproducir en clase. Una vez recortada en cartón duro la figura, se coloca un imán bipolar detrás de ella y se sujeta con cinta adhesiva. Si suspendemos la figura con ayuda de un hilo habremos reproducido la hazaña de Hoang-ti.