

Ficha de trabajo

Título: Electricidad, magnetismo y el campo magnético terrestre

Área: Física

Nivel: ciclo superior de escuelas medias

En este recurso proponemos actividades relacionadas con la descripción del campo magnético terrestre, que permitirán descubrir relaciones entre fenómenos magnéticos y fenómenos eléctricos, y comprender por qué la Tierra y otros astros poseen un campo magnético.

Desde la antigüedad se conocen propiedades notables de ciertos materiales (imanes). Además de las fuerzas de atracción y repulsión entre ellos, un imán que puede girar libremente en el plano horizontal sobre la superficie terrestre se alinea aproximadamente en la dirección Norte-Sur. Este descubrimiento notable, permitió usar la brújula como elemento de navegación desde hace miles de años. Todos estos "fenómenos magnéticos" son bien conocidos por los alumnos a nivel cualitativo. Pero surgen una serie de preguntas interesantes como por ejemplo:

1. Si la Tierra hace que las brújulas se alineen en la dirección Norte-Sur, entonces ¿la Tierra es un imán?
2. Supongamos que ese sea el caso. ¿De dónde provienen las propiedades magnéticas del planeta? (a nivel superficial no encontramos grandes cantidades de rocas magnetizadas!)
3. Las brújulas de hace 4000 años apuntaban en la misma dirección que ahora? Y que pasará dentro de cientos de miles de años?
4. La dirección hacia donde apuntan las brújulas (Norte magnético), ¿coincide exactamente con el Norte geográfico?
5. Funcionaría una brújula en otros planetas ¿Y en la Luna?

Las respuestas a varias de estas preguntas están basadas en una profunda relación entre los "fenómenos magnéticos" y los "fenómenos eléctricos". En 1819, Hans Oersted demostró que las corrientes eléctricas influyen sobre las brújulas, es decir, corrientes suficientemente intensas en la cercanía de una brújula producen cambios en la dirección señalada por la misma (este descubrimiento fue el punto de partida para desarrollos posteriores que llevaron a la unificación de la electricidad y el magnetismo en la teoría de Maxwell). En esta actividad, esta relación nos llevará a comprender el origen del campo magnético terrestre.

Actividad 1. Comparando el campo magnético terrestre con el campo magnético producido por imanes

El objetivo de esta primera actividad es que los alumnos se familiaricen con fenómenos magnéticos básicos, lleguen a la conclusión tentativa de que así como los imanes generan un efecto a su alrededor ("campo magnético"), lo mismo ocurre para la Tierra, que en este sentido se comporta como un imán. Se compararán además la intensidad del campo magnético de los imanes con el de la Tierra, utilizando una brújula como instrumento de medición.

Sugerimos que trabajen en grupos de 3 o 4 alumnos. Cada grupo necesitará dos brújulas y cuatro imanes cilíndricos. Se pueden realizar las siguientes observaciones cualitativas:

1. Existencia de fuerzas de atracción y repulsión entre imanes y existencia de "polos" en cada uno de los imanes.
2. Los polos magnéticos no pueden separarse (esto puede chequearse analizando las propiedades de atracción y repulsión de los imanes cuando están pegados de a dos y al separarlos).
3. Los imanes afectan la posición de la brújula, dependiendo de la distancia y la dirección en la que se encuentren. Aquí es importante recalcar que para describir el efecto del imán sobre la brújula es necesario considerar un vector (al que llamaremos "campo magnético") ya que el efecto sobre la brújula involucra intensidad, dirección y sentido.
4. La brújula es un imán (hay varias maneras de llegar a esta conclusión: construyendo una brújula utilizando imanes, o magnetizando un alfiler, o viendo que al acercar dos brújulas se ejercen fuerzas entre sí).

La conclusión tentativa a esta altura debería ser que la Tierra también se comporta como un imán, y ese es el motivo por el cual las brújulas se alinean en determinada dirección.

Luego de esta breve introducción, podemos plantear una actividad más cuantitativa:

5. chequear que, a lo largo del eje del imán, el campo magnético es paralelo a dicho eje. Para convencerse de esto, una posibilidad es notar que, cuando el eje del imán está en la dirección Norte-Sur, si se desplaza la brújula a lo largo de esa dirección (ver Figura 1) no se producen deflexiones de la brújula (esto ocurre siempre que el campo magnético terrestre y el campo del imán apunten en la misma dirección y sentido).

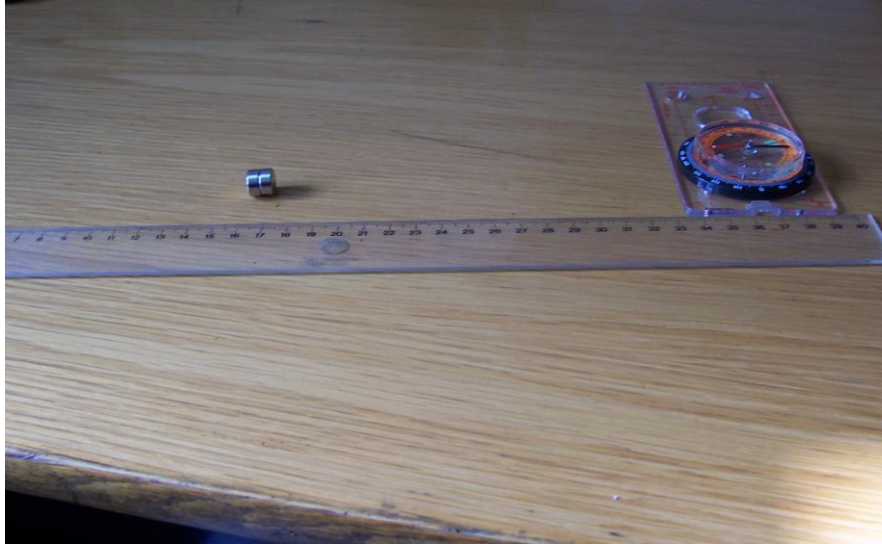
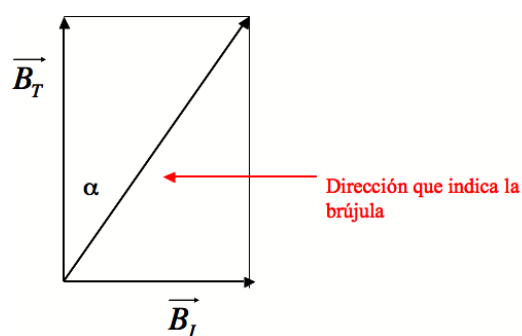


Figura 1: Para comprobar que el campo del imán sobre su eje es paralelo al mismo se puede usar esta configuración, con la regla en la dirección Norte-Sur (punto 5 de la actividad). Para comparar las intensidades de los campos magnéticos del imán y la Tierra, la regla debe estar en la dirección Este-Oeste (punto 6 de la actividad).

6. comparar el campo magnético del imán con el terrestre. Para ello, podemos colocar el imán de manera que su eje esté en la dirección Este-Oeste (ver Figura 1). En distintas posiciones a lo largo de la dirección Este-Oeste, la aguja de la brújula señalará en distintas direcciones ya que, en cada punto, el campo magnético es la suma vectorial del campo magnético terrestre y del campo magnético del imán, que son perpendiculares. La tangente del ángulo α que indica la brújula es igual al cociente entre el módulo del campo magnético del imán y del terrestre:



$$\tan \alpha = \frac{\left| \vec{B}_I \right|}{\left| \vec{B}_T \right|}$$

De esta manera se puede “medir” el campo magnético del imán en unidades del campo magnético terrestre. Usando OpenOffice confeccionar una tabla de los valores de $\tan \alpha$ para distintos valores de la distancia d y realizar un gráfico d vs $\tan \alpha$.

distancia (cm)	ángulo α	$\tan \alpha$

Preguntas:

•Con las mediciones realizadas, qué podemos afirmar acerca de la dirección del campo magnético terrestre? *Respuesta: la brújula se orienta de acuerdo a la componente horizontal del campo magnético terrestre. Si éste tuviese una componente vertical la aguja se inclinaría un poco pero eso no es apreciable salvo cerca de los polos.*

•Buscar en internet cómo son las líneas de campo de los imanes y cómo son las líneas de campo magnético terrestre (alternativamente las líneas de campo de los imanes pueden verse utilizando limaduras de hierro). Concluir que son cualitativamente similares y que en consecuencia en general el campo magnético terrestre tendrá una componente vertical. Los polos magnéticos terrestres son los lugares sobre la superficie terrestre donde el campo magnético es vertical. Qué mediría una brújula en esos lugares? Buscar en wikipedia la posición de dichos polos y estimar las distancias entre los polos magnéticos y los geográficos.

La comparación entre líneas de campo terrestre y de imanes puede verse también utilizando el applet

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/magnet-and-compass>

(es posible guardar el applet en el disco duro de la computadora)

Actividad 2. Descripción del campo magnético terrestre

En el link

<http://www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/IGRFWMM.jsp>

hay un programa que permite calcular todas las componentes del campo magnético terrestre en función de la posición sobre la superficie (latitud, longitud). En la figura 2 se muestran los distintos parámetros que describen el campo magnético terrestre:

H intensidad de la componente horizontal

Z intensidad de la componente vertical

F intensidad total

I inclinación magnética (ángulo respecto a la horizontal)

D declinación magnética (ángulo entre las direcciones norte magnético y norte geográfico)

QuickTime™ and a
TIFF (Uncompressed) decompressor
are needed to see this picture.

Figura 2 (imagen de ngdc.noaa.gov). Distintos parámetros para describir el campo magnético

The screenshot shows the NOAA Geomagnetic Online Calculator interface. The browser window title is "NOAA's Geophysical Data Center - Geomagnetic Online Calculator". The URL is "http://www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/struts/IgrfWmmLocationSwitch". The page features a navigation menu with links for Data, Declination, FAQ, SPIDR, Geomagnetism, Models & Software, Space Weather, and Web Links. The main form includes a "City or Location" section with a "Get Location" button and a "Zip Code" field. Below this are dropdown menus for "Country" (Argentina) and "City" (Rio Gallegos). The "Lat:" section has radio buttons for North and South, and input fields for Degree (51), Minute (37), and Second (12). The "Lon:" section has radio buttons for East and West, and input fields for Degree (69), Minute (13), and Second (12). The "Elevation" section has a dropdown for "Model" (IGRF 11) and an input field for "Elevation" (0.0). There are also radio buttons for "Feet", "Meters", and "Kilometers". A "Start Date" section has input fields for Day (6), Month (July), and Year (2010). A "Step Size" section has an input field for "Years" (0). An "End Date" section has input fields for Day (6), Month (July), and Year (2010). Below these sections is a "Valid IGRF Range: 1900-2015" label and a "Compute Magnetic Field Values" button.

Figura 3: calculador de campo magnético del NOAA

Utilizando este programa, calcular el campo magnético terrestre en distintas posiciones geográficas. Prestar atención al crecimiento de la componente vertical del campo en la cercanía de los polos magnéticos, a la diferencia de posición de los polos magnéticos y los geográficos y a la dependencia de la declinación con la latitud.

El campo magnético terrestre varía con el tiempo. El programa mencionado anteriormente también calcula esas variaciones en cada punto de la superficie

terrestre. Usando el programa, los alumnos pueden estimar cuánto cambia en determinado período de tiempo.

Concluir esta actividad planteando las siguientes preguntas: Cuál podría ser el origen del campo magnético terrestre? Y el de su variación temporal? Por qué los polos magnéticos coinciden aproximadamente con los geográficos?

Actividad 3. ¿Electricidad o magnetismo?

La clave para comprender estas preguntas es que las corrientes eléctricas generan campos magnéticos. Sugerimos un par de experimentos para ver cualitativa y cuantitativamente el campo magnético producido por una corriente eléctrica. Para ello será necesario disponer de una fuente de corriente continua 12V 2A, una bobina y un amperímetro.

Trabajando en grupos de 3 o 4 alumnos:

1. Hacer circular una corriente de alrededor de 2A sobre un cable largo, y observar su efecto sobre la indicación de una brújula, apoyando el cable sobre el vidrio de la misma. Prestar particular atención a lo que ocurre cuando el cable está paralelo o perpendicular a la dirección que marca la brújula antes de acercarlo (este fue el experimento que hizo Oersted en 1819!)

2. A los efectos de que el campo producido por la corriente sea más intenso, se puede hacer circular corriente a través de una bobina de varios cientos de vueltas. El campo magnético producido por la bobina es cualitativamente similar al campo producido por un imán cilíndrico. En particular, a lo largo del eje es paralelo al mismo. Se pueden hacer mediciones en una configuración similar a la del punto 6 de la Actividad 1, reemplazando el imán por la bobina. En este caso se mantendrá fija la distancia d , y se medirá el ángulo indicado por la brújula para distintos valores de la corriente I (positivos y negativos). Usando OpenOffice, confeccionar la tabla correspondiente y graficar $\tan\alpha$ vs I (el resultado de esta experiencia debería ser que, dentro de los errores experimentales, $\tan\alpha$ es proporcional a la corriente eléctrica. Además, el campo magnético se invierte al cambiar el sentido de la corriente).

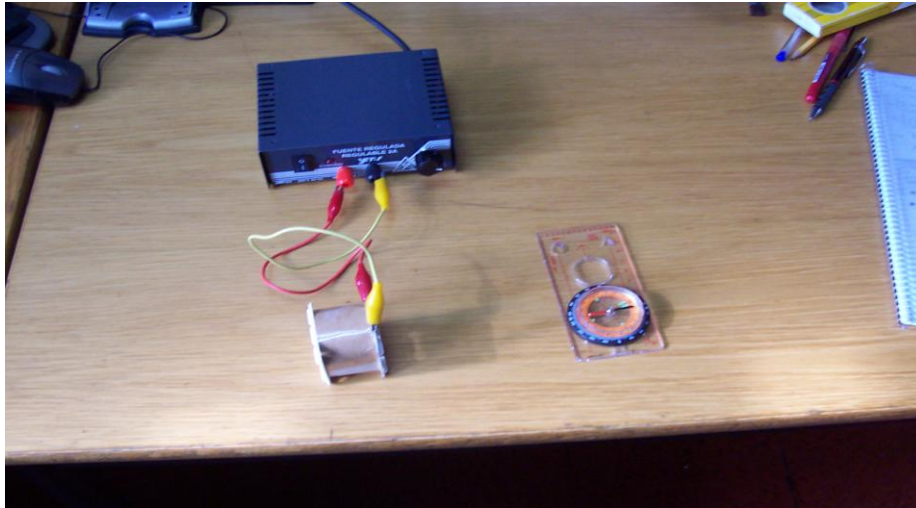


Figura 4: configuración para medir la dependencia del campo magnético producido por la bobina en función de la corriente. El eje de la bobina apunta en la dirección Este-Oeste. Es necesario incluir un amperímetro en el circuito para medir la corriente.

Cierre: El origen del campo magnético terrestre

- Buscar información acerca de las variaciones en el tiempo del campo magnético terrestre. Un buen lugar para comenzar es http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2003/29dec_magneticfield.htm

Ver también

http://es.wikipedia.org/wiki/Reversión_geomagnética

- Teniendo en cuenta toda esta información y las actividades realizadas, proponer a los alumnos que hagan hipótesis acerca del origen del campo magnético terrestre. Algunas posibilidades son:

- a) en alguna región de la Tierra existe una concentración grande de magnetita, con magnetización paralela al eje de rotación de la Tierra
- b) en alguna región de la Tierra existen corrientes eléctricas que generan un campo magnético similar al de las bobinas

Las variaciones temporales del campo magnético terrestre sugieren que la hipótesis más plausible es la segunda, es decir que el campo magnético terrestre sea producido por corrientes presentes en el núcleo de la Tierra. En efecto, esta es la teoría actualmente aceptada: el centro de la Tierra está a una temperatura muy elevada y en consecuencia posee metales fundidos en rotación. El movimiento del fluido genera corrientes eléctricas que a su vez producen el campo magnético. En este proceso es muy importante el “efecto dínamo” (ver recurso “Inducción electromagnética”)

La relación *detallada* entre la dinámica del fluido en el centro de la Tierra y el campo magnético terrestre es un problema geofísico de mucho interés actual.

Autor: Diego Mazzitelli – Departamento de Física - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad de Buenos Aires