

Práctica 4: Cálculo experimental del campo magnético terrestre.

Introducción: Campo magnético terrestre:

A principios del S.XVII William Gilbert descubrió que la Tierra se comporta como un imán, explicando el comportamiento de la brújula. Desde entonces nuestro conocimiento sobre el campo magnético terrestre se ha ido incrementando.

Origen: La causa del campo magnético terrestre se encuentra en el núcleo externo de la Tierra, formado por aleaciones fluidas de hierro-níquel. Aunque el mecanismo aún no está explicado completamente, las corrientes de convección que se producen en el metal fundido, unidas a la diferencia de temperatura entre la parte interna y externa del núcleo (efecto Seebeck o termoeléctrico), producen intensas corrientes eléctricas, que dan lugar al campo magnético.

Polos magnéticos: Los polos magnéticos no coinciden con los geográficos. Además, los nombres están invertidos: el Polo Norte magnético se encuentra cerca del Polo Sur geográfico, y viceversa. Es algo lógico, ya que si el que consideramos polo Norte de una brújula apunta aproximadamente hacia el Norte geográfico, éste debe ser un polo Sur magnético. No olvidemos que los nombres de los polos y el sentido de las líneas de campo, es algo que hemos establecido por convenio.

Actualmente el campo magnético terrestre es dipolar (tiene dos polos, N y S), inclinados unos $4,5^\circ$ respecto al eje terrestre (2021). Esta orientación va cambiando, los polos magnéticos se desplazan, debido a las variaciones caóticas en las corrientes del núcleo terrestre. A lo largo de la historia, en periodos de cientos de miles de años, llegan incluso a invertirse. En alguna ocasión, la Tierra ha tenido más de dos polos magnéticos (campo cuadrupolar, dos polos N y dos S). El estudio de estas variaciones (paleomagnetismo) ha permitido estudiar el movimiento de los continentes, datar fósiles, etc.

Valor en la superficie: El valor en la superficie varía entre 0,25 G y 0,65 G ($2,5 \cdot 10^{-5}$ T – $6,5 \cdot 10^{-5}$ T). Su dirección no es en general paralela a los meridianos, ni paralela a la superficie. Tiene componentes en las tres direcciones del espacio. La **inclinación magnética** mide el ángulo que forma el campo con la vertical, y la **declinación magnética** mide la desviación de la componente horizontal (paralela a la superficie) respecto al meridiano en cada punto.

El valor del campo magnético (módulo, dirección) en cada punto de la Tierra va cambiando con el tiempo.

Estudio teórico:

En esta práctica, realizada con una simulación virtual, mediremos el módulo de la componente horizontal del campo magnético en un punto imaginario de la superficie terrestre, a partir de la desviación de una brújula.

Una brújula colocada horizontalmente sobre una mesa se desvía, indicando la dirección de la componente horizontal del campo magnético terrestre, pero no indica nada sobre su módulo.

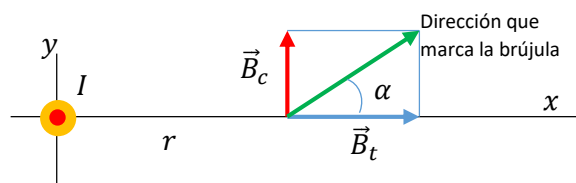
Podemos calcular este módulo comparándolo con un campo magnético conocido, que producimos con una corriente eléctrica, en este caso un cable rectilíneo perpendicular a la pantalla. Si situamos la brújula a cierta distancia del cable, inicialmente sin corriente, la brújula marca la dirección del campo terrestre. Cuando circula corriente, la brújula se orientará en la dirección del campo total en ese punto (el producido por el cable más el terrestre).

Considerando el sistema de referencia en el cable, si colocamos el eje x en la dirección del campo terrestre \vec{B}_t , cuando se hace circular corriente por el cable, producirá un campo \vec{B}_c que irá en el eje y (cable en el eje z, distancia en el eje x).

Podemos comparar entonces ambos campos a partir del ángulo que forma la brújula con el eje x (dibujo)

$$\tan \alpha = \frac{B_c}{B_t} \quad \text{con} \quad B_c = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot r} \quad (\text{ley de Biot-Savart})$$

Esta operación se simplifica (y obtenemos mejores resultados) si hacemos circular por el cable una corriente tal que el ángulo sea de 45° con el eje x. En ese caso, $\tan 45^\circ = 1$, y como consecuencia $B_t = B_c$.



Un cable por el que circule una corriente de varios amperios (entre 5 y 30 A) produce a pocos centímetros de distancia un campo magnético del mismo orden que el campo terrestre ($\sim 10^{-5}$ T), por lo que esta práctica permite realizar fácilmente el cálculo.

El escenario de la práctica.

Para poder acceder a la simulación virtual, debes hacerlo con un **ordenador con sistema operativo Windows**. Aunque no es imprescindible, es más cómodo si usas un ratón.

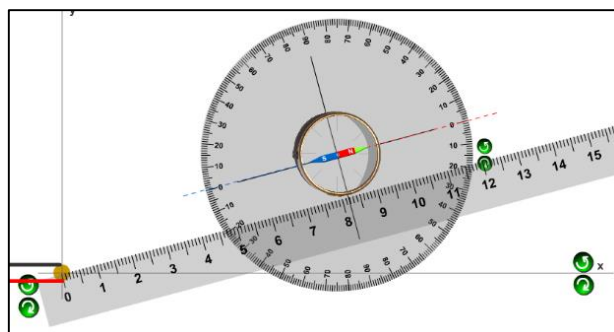
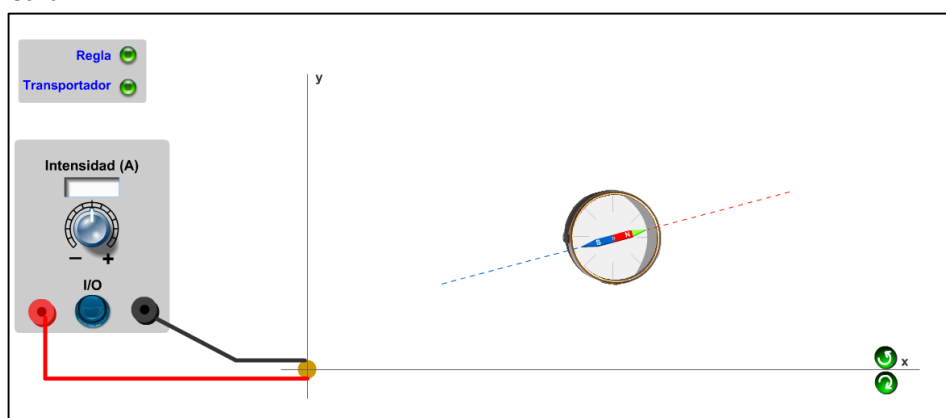
Al abrir la aplicación, debes escribir el número de lista que te haya suministrado tu profesor/a. Recuerda que el valor de campo magnético que suministra el programa está personalizado. No hagas la práctica con otro número de lista diferente.

El escenario muestra la mesa del laboratorio (vista desde arriba) con un cable rectilíneo perpendicular a la misma (representado por el círculo naranja, el cable “sale hacia fuera” de la pantalla), donde está situado el sistema de referencia. Podemos girar el sistema de referencia con los botones verdes que están a la derecha.

La brújula marca inicialmente la dirección del campo magnético terrestre (la orientación es aleatoria, representando que la mesa puede estar orientada de cualquier forma). Podemos mover la brújula presionando sobre ella y manteniendo pulsado el ratón. Mientras se mueve, la aguja oscila, tendiendo al reposo cuando la dejamos quieta.

El generador se enciende y apaga pulsando el botón I/O, y la intensidad se regula presionando sobre el regulador y moviendo el ratón hacia la derecha o hacia la izquierda. El sentido positivo de la corriente es hacia fuera de la pantalla. Al variar la intensidad, la brújula oscilará hasta marcar la dirección del campo magnético total (el del cable más el terrestre).

Para medir distancias y ángulos tenemos a nuestra disposición una regla (en cm) y un transportador de ángulos (en grados). Ambos pueden moverse por el escenario y girarse pulsando sus respectivos botones de giro.



Procedimiento:

Mueve la brújula y gira el sistema de referencia hasta que la brújula esté sobre el eje x y orientados en la misma dirección.

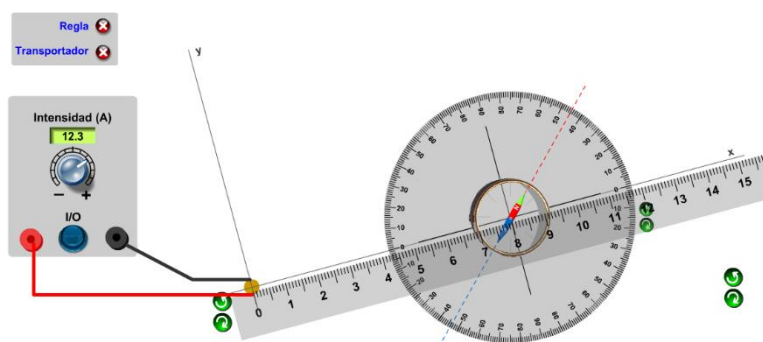
Mide con la regla la distancia hasta el cable (no olvides usar el S.I. al anotar la medida)

Coloca el transportador coincidiendo con el centro de la brújula y gíralo hasta que el 0 coincida con el eje x.

Enciende el generador de corriente y varía la intensidad poco a poco hasta que la orientación de la brújula forme 45° con el eje x, o lo más aproximado que puedas conseguir. Anota el valor de intensidad.

Haz una captura de pantalla e incorpórala (pégala) al documento del informe.

Calcula el valor del campo producido por el cable y el del campo terrestre, aplicando lo visto en el estudio teórico.



Repite las medidas con 4 distancias más, y calcula el valor medio de los resultados para obtener el valor del campo magnético terrestre. Completa el informe rellenando la tabla y las 5 capturas de pantalla.