

Laboratorio de Electromagnetismo y Óptica (ByG)
1er cuat. 2024

TP N°3: Medición del campo magnético terrestre

Objetivos

El objetivo de la experiencia es determinar la intensidad de la componente horizontal del campo magnético terrestre.

Introducción

El planeta Tierra actúa como un gran imán cuyas líneas de campo magnético surgen del polo sur magnético y convergen en el polo norte magnético. Se pueden obtener datos estimativos del campo magnético terrestre, ver apéndice.

Para estimar el campo magnético terrestre, vamos a utilizar un solenoide. Un solenoide es un alambre (hilo conductor aislado) largo enrollado en forma de una hélice. Cuando las vueltas están muy juntas entre sí, se puede considerar como una vuelta circular y el campo magnético neto será la suma de los campos debido a todas las vueltas. La Figura 1(a) muestra las líneas de campo para un solenoide de espiras muy cercanas entre sí, se observa que las líneas de campo se dirigen de un extremo y convergen en el otro, se puede inferir que un extremo se comporta como polo Norte y el otro como polo Sur.

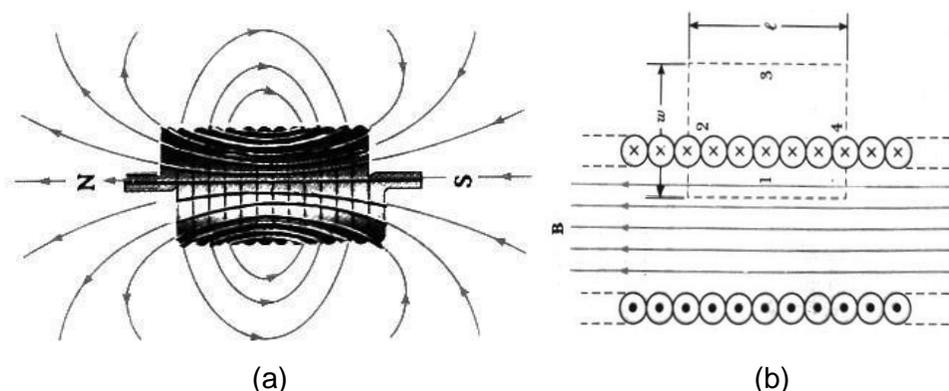


Figura 1: a) Línea de campo magnético en un solenoide de longitud finita con espiras muy próximas. b) Vista transversal de un solenoide ideal.

La intensidad del campo magnético en el interior de un solenoide ideal se puede determinar teóricamente haciendo uso de la Ley de Ampere, la Figura 1(b) muestra una vista transversal de un solenoide ideal, si consideramos que el largo del solenoide es muy grande en comparación con el radio y circula una intensidad de corriente constante I se puede considerar que el campo en el interior es uniforme y en el exterior es nulo.

Para resolver ANTES de la clase:

Usando la ley de Ampere, calcule el campo magnético (B_s) en el centro de un solenoide “infinito” ($L \gg R$) con N espiras, radio R y longitud L por el cual circula una corriente I .

Si el solenoide es "finito", el campo B_S en el centro es:

$$B_S = \mu_o I \cdot \frac{N}{\sqrt{L^2 + 4R^2}} = \mu_o n I \cos \beta \quad (1)$$

con $\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-3} \text{ Gm/A}$, n es la densidad de espiras y $\cos \beta = L/\sqrt{L^2 + 4R^2}$. Si hace el límite de $L \gg R$, ¿recupera el valor que obtuvo para el caso infinito?

Actividades

Con una brújula, un solenoide, un amperímetro y una fuente de tensión continua variable se monta el circuito que se muestra en la Figura 2. Coloque la brújula dentro del solenoide de forma tal que pueda verla.

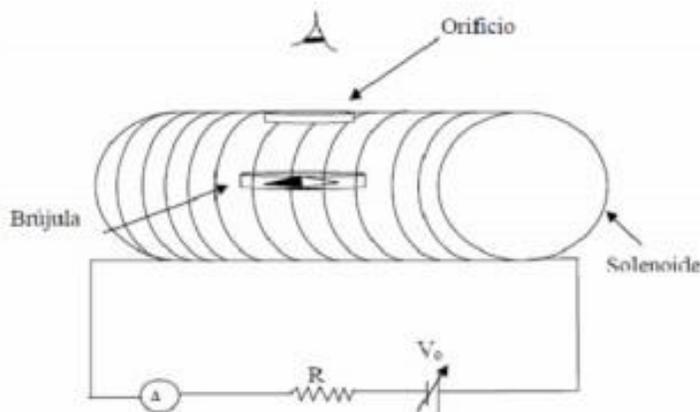


Figura 2: Esquema del dispositivo experimental

Antes de empezar la práctica, determine con la brújula la dirección del campo magnético terrestre. Coloque el solenoide de modo tal que su eje quede en la dirección perpendicular al campo magnético.

Para pensar y responder:

- Sin circulación de corriente: ¿en qué dirección apunta la brújula?
- ¿Qué sucede cuando circula una corriente por el solenoide? ¿En qué dirección apunta la brújula?
- ¿Cómo puede estimar el valor del campo magnético terrestre?
- ¿Con el material disponible, puede estimar todas las componentes del campo magnético terrestre?

Ayuda: considere qué campos magnéticos intervienen y en qué dirección. Considere también que puede medir el ángulo de desviación de la brújula y con un amperímetro, la corriente que circula por el solenoide.

Determinación del campo magnético terrestre:

- Teniendo en cuenta las preguntas anteriores, arme el dispositivo experimental descrito en la Figura 2.

Precauciones: Es importante que no circule por la bobina una corriente superior a aproximadamente 100 mA. ¿Por qué? ¿Por qué motivo se coloca una resistencia en el circuito? Estime qué resistencia necesita agregar según el rango de corrientes que quiere utilizar, y teniendo en cuenta la fuente de tensión que va a utilizar.

- Varíe el voltaje de la fuente y mida la corriente y el ángulo de desviación de la brújula. Determine los errores. ¿Puede estimar el campo magnético generado en el interior del solenoide debido a la circulación de la corriente?

- Estime el campo magnético terrestre (o alguna componente) e informe su error. Compare con el valor de referencia correspondiente al lugar y fecha en que realizó las mediciones (ver Apéndice B)

Actividad complementaria

Existen dispositivos semiconductores que permiten medir directamente el campo magnético terrestre (sensor Hall). Los que disponemos en el laboratorio funcionan en conjunto con el SensorDAQ. Puede utilizar uno de estos sensores para medir el campo magnético en la posición de la brújula.

-¿Cómo debería orientarlo?

-¿Qué campo magnético está midiendo?

Compare las mediciones con la estimación del ítem anterior. También puede ser interesante compararlo con el campo en el centro de cada una de las dos bobinas que conforman el solenoide.

Apéndice

A) Campo magnético de un solenoide

Empleando la simulación Magnets and electromagnets de la Universidad de Colorado (<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets>), puede investigar

- la magnitud del campo magnético fuera del solenoide y en su interior. ¿Cuál es la dirección del campo magnético en el interior del solenoide?

- la dependencia del campo magnético en el interior del solenoide con la corriente que circula por el solenoide.

- la dependencia del campo magnético en el interior del solenoide con el número de espiras.

- la dependencia del campo magnético en el eje del solenoide con la distancia (considere distancias en el eje del solenoide dentro y fuera del mismo).

B) Campo magnético terrestre

El campo magnético de la Tierra en un lugar determinado tiene, como todo vector tridimensional, tres componentes: X, en la dirección Norte geográfico; la Y, en la dirección Este geográfico y Z en la dirección vertical, tomando como sentido positivo hacia abajo.

Para determinar el campo magnético en un lugar y momento, se utilizan programas como el IGRF (International Geomagnetic Reference Field), el cual estima - mediante complejos modelos matemáticos- el campo en cualquier momento y lugar del planeta, a partir de las mediciones realizadas en diversos lugares del mundo por las Estaciones magnetométricas. Argentina cuenta con varias estaciones, entre las que se pueden mencionar: Pilar (Córdoba), Las Acacias (Bs.As), Trelew(Chubut) y La Quiaca (Jujuy)

Para conocer el campo en un lugar determinado basta conocer la latitud, longitud geográfica, altura (aproximada) y la fecha del año. Con estos datos, se accede al sitio de Internet:

<https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml#igrfwmm>

y se obtienen la componentes X, Y , Z del campo magnético.

Utilizando este programa obtenga la estimación del campo magnético en el día que realizó las mediciones y compare con la estimación

Bibliografía

-Física Vol.II -Campos y ondas -M. Alonso y E. J. Finn, Fondo Educativo Interamericano Ed. Inglesa, Addison-Wesley, Reading Mass. (1967); Fondo Educativo Interamericano (1970).

-Berkeley Physics Course -Volumen 2, Electricidad y magnetismo, E. M. Purcell, Editorial Reverté, Barcelona (1969).

Material recopilado de guías de trabajos prácticos de los laboratorios básicos de alumnos del Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

Lorena Sigaut
lorena@df.uba.ar