

Guía 3: Sonda Hall - Campo magnético terrestre

Objetivo

Esta práctica tiene como objetivo estudiar una sonda Hall y obtener la componente horizontal del campo magnético terrestre mediante dos métodos.

1. Introducción

El efecto Hall consiste en la aparición de un campo eléctrico transversal al sentido de la corriente que circula por un conductor cuando éste se encuentra en un campo magnético.

El arreglo utilizado para observar el efecto Hall está formado por un conductor plano que transporta una corriente I en la dirección \hat{y} como se muestra en la figura 1. Si introducimos un campo magnético \mathbf{B} en la dirección \hat{z} , se ejercerá una fuerza sobre las cargas en movimiento en la dirección \hat{x} . Esta fuerza hace que

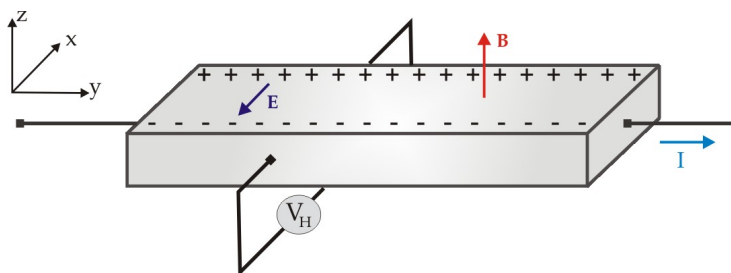


Figura 1: Esquema de una lámina conductora en un campo magnético. V_H representa el voltaje Hall medido en el conductor.

las cargas se acumulen en los laterales del conductor (de acuerdo con el sentido de la corriente y del campo aplicado). Esta acumulación de cargas provoca que aparezca un campo eléctrico \mathbf{E} , que a su vez ejerce una fuerza sobre las cargas $\mathbf{F} = q\mathbf{E}$. Esta fuerza eléctrica actúa en la misma dirección pero en sentido contrario a la magnética. La acumulación de cargas continua hasta que el campo eléctrico se hace lo suficientemente grande como para que la fuerza eléctrica contrarreste a la fuerza magnética, dando como resultado un voltaje medible entre los dos lados del conductor llamado *voltaje Hall* (V_H).

La sonda (o punta) Hall aprovecha el efecto Hall para medir el campo magnético. El campo eléctrico debido a la distribución de cargas genera una diferencia de potencial entre los bordes del conductor. Dada una corriente fija, esta tensión resulta proporcional a la componente normal del campo magnético.

2. Actividades

Calibración de la sonda Hall

Sabiendo que el campo magnético dentro de una bobina por la cual circula una corriente continua es uniforme dentro de la misma, podemos usar este campo para calibrar la sonda Hall.

Las sondas Hall disponibles en el laboratorio deben conectarse a la placa de adquisición Sensor DAQ. Esta sonda tiene un amplificador interno que nos permite trabajar en 2 rangos de medición: LO (“low”) y HI (“high”). LO: mide hasta $\pm 6.4 \text{ mT} = \pm 64 \text{ Gauss}$. HI: mide hasta $\pm 0.3 \text{ mT} = \pm 3.2 \text{ Gauss}$. El sensor mide la componente de campo magnético que es perpendicular al “punto blanco” situado en la punta del mismo (ver anexo “Manual de sonda Hall”)

Mediciones realizadas:

Se armó un circuito como se muestra en la figura 2 con una fuente de tensión, una resistencia variable, una bobina de geometría y número de vueltas conocidas y un amperímetro. De este modo, se pudo aplicar y medir la corriente que circula por la bobina y permitió mantener la sonda Hall en el centro de la misma (ver anexo “Sonda Hall”). Las medidas obtenidas están en el archivo “Datos calib.txt”.

El módulo del campo magnético en el centro de una bobina “infinita” ($L \gg R$) de radio R , longitud L y número de vueltas N por la que circula una corriente I puede aproximarse por:

$$B = \alpha \frac{\mu_0}{2R} NI \tag{1}$$

donde α es un factor de proporcionalidad que depende de las características geométricas de la bobina y que puede aproximarse por 0.28 (verificar en cada caso)¹.

Con estos datos, calibre la sonda Hall usando como patrón el campo magnético de la bobina (campo magnético de bobina vs V_H).

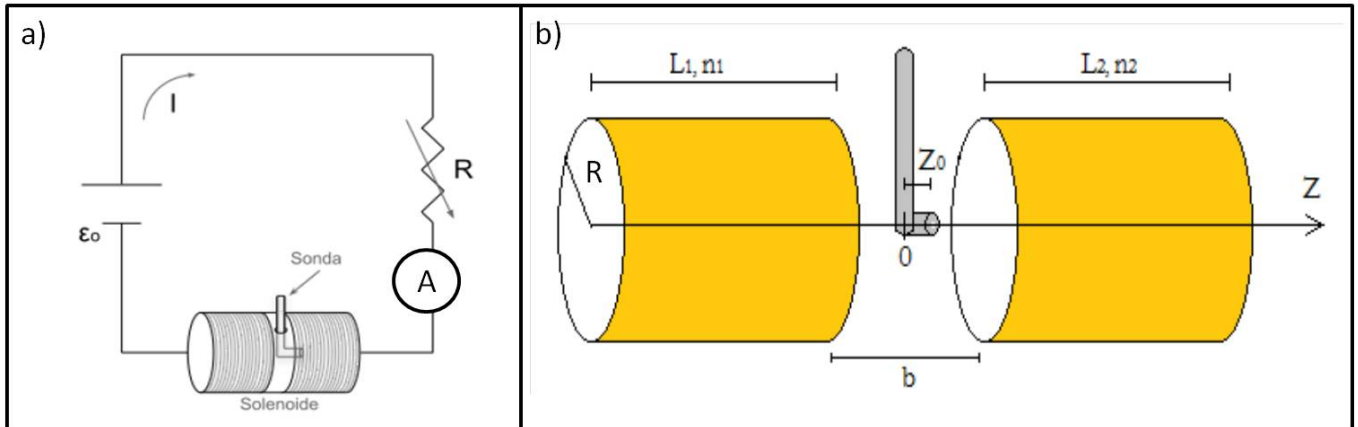


Figura 2: a) Esquema del circuito. b) Detalle de la bobina y la sonda hall, donde $L_1=L_2=(11.3\pm 0.1)$ cm, $R=(4.9 \pm 0.1)$ cm, $n_1=n_2=(1000\pm 1)$ espiras/m y $b=(3.1\pm 0.1)$ cm

Medición del campo magnético terrestre

A continuación se propone calcular y analizar el campo magnético terrestre usando las mediciones obtenidas con dos métodos diferentes.

1. Primer método: Se midió el campo magnético terrestre usando la sonda Hall. El resultado obtenido apuntando hacia al norte magnético fue de $V = (3.09 \pm 0.01)V$. Calcule el campo y compare con algún valor de referencia para Buenos Aires (puede usar el *Magnetic field calculator* (1)). ¿Qué puede analizar del resultado obtenido?
2. Segundo método: Se ubicó una brújula en el centro de la bobina empleada anteriormente y se aseguró de alinear la bobina de modo que su eje quede perpendicular a la dirección del campo magnético terrestre local. Luego se hizo pasar corriente por las espiras y se determinó la dependencia del ángulo en la que se desvía la aguja de la brújula (θ) con el campo de la bobina. Al circular la corriente se observó que la aguja de la brújula se desvió un ángulo θ tal que:

$$\tan \theta = \frac{B_{bobina}}{B_{terrestre}} \tag{2}$$

Por lo tanto, a partir de medir el ángulo de desviación θ y conociendo el campo generado por la bobina B_{bobina} se pudo determinar el campo terrestre. Para más detalle ver: <https://www.wired.com/2014/01/measure-magnetic-field/>

De esta forma, para diferentes valores de I , se midió el ángulo θ . Los datos medidos están en el archivo: “Datos act2.txt”. Grafique B_{bobina} vs $\tan \theta$ y determine el valor de la componente horizontal del campo magnético terrestre ($B_{terrestre}$) usando el método de cuadrados mínimos.

¹Para la configuración de dos bobinas en serie ver Anexo-2B

Referencias

- [1] Magnetic field calculators: <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#igrfwmm>
- [2] E. M. Purcell. *Berkeley physics course, vol. 2, Electricidad y Magnetismo*. Reverté, Barcelona (1969).
- [3] F. Sears, M. Zemansky, H. Young y R. Freedman. *Física universitaria, vol. II*. Addison-Wesley Longman, México (1990).