

## 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

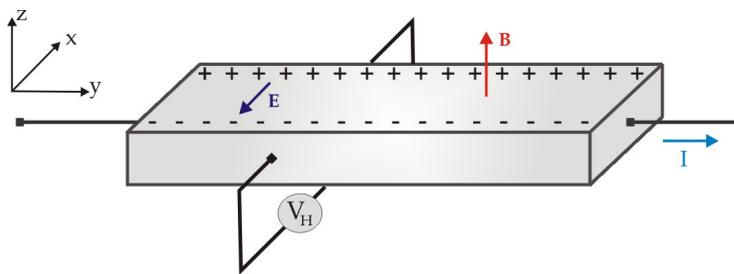


Figura 1: Esquema de una lámina conductora en un campo magnético.  $V_H$  representa el voltaje Hall medido en el conductor.

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  $\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{E}$ . 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, se puede 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 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”)

Usando una fuente de tensión, una resistencia variable, una bobina de geometría y número de vueltas conocidas y un amperímetro, armar el circuito de la figura 2. De este modo, se puede aplicar y medir la corriente que circula por la bobina, con la sonda Hall en el centro de la misma (ver “anexo Sonda Hall”).

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 la permeabilidad magnética del vacío es  $\mu_0=4\pi 10^{-7}$  Tesla m/A  $=4\pi 10^{-3}$  Gauss m/A.

El parámetro  $\alpha$  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)<sup>1</sup>.

Con estas mediciones, calibrar la sonda Hall usando como patrón el campo magnético de la bobina (campo magnético de bobina vs  $V_H$ ). Realizar un ajuste.

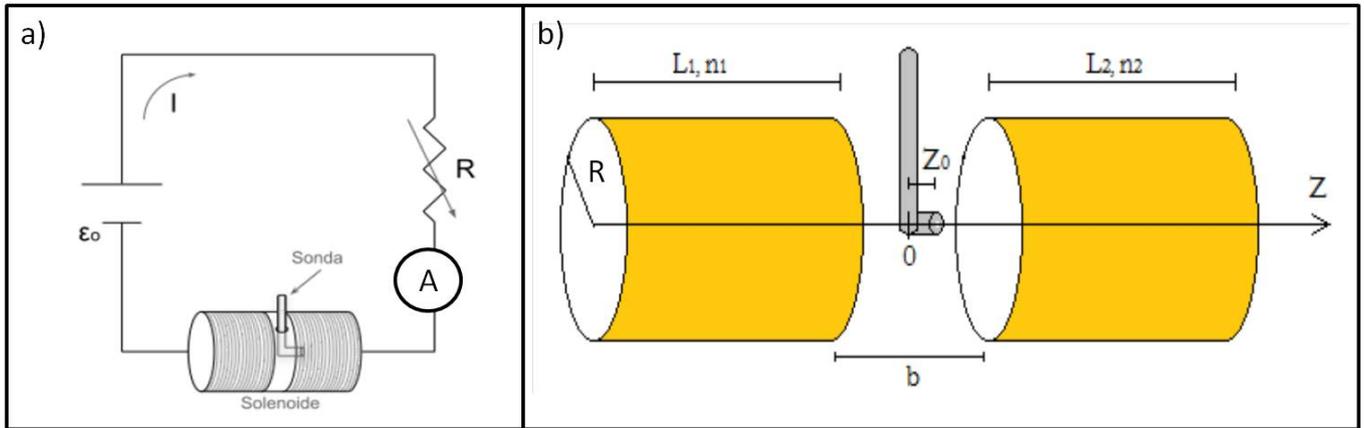


Figura 2: a) Esquema del circuito. b) Detalle de la bobina y la sonda hall.

### Medición del campo magnético terrestre (CMT)

El planeta Tierra actúa como un gran imán cuyas líneas de campo magnético nacen del polo sur magnético y convergen en el polo norte magnético. A continuación se propone medir y analizar el campo magnético terrestre (CMT) usando dos métodos diferentes.

#### 1. Primer método: Sonda Hall.

Medir el CMT usando la sonda Hall calibrada en el ítem anterior. Explorar qué ocurre cuando rota la punta  $180^\circ$  respecto de su eje, de manera que el CMT atravesase la punta Hall por el extremo opuesto. Comparar con algún valor de referencia para Buenos Aires (puede usar el *Magnetic field calculator* (1)). ¿Qué puede analizarse del resultado obtenido?

#### 2. Optativo: usando la sonda Hall del celular con la app Gauss meter

**Si se puede instalar la aplicación “Gauss Meter”** medir la componente Norte ( $B_N$ ) del campo magnético terrestre (ver figura 3).



Figura 3: Coordenadas en el Gauss Meter.

Para ello:

-Seleccionar la función Brújula (compass).

-Medir en superficie horizontal (ej: en el piso) lejos de imanes (computadoras, auriculares, etc.).

<sup>1</sup>Para la configuración de dos bobinas en serie ver Anexo-2B

- Determinar la dirección del Norte y medir las componentes  $B_y$  y  $B_x$  (¿puede prescindir de la componente  $B_z$  ?).
- Para obtener  $B_N$  no olvidar de restar el offset.
- Comparar estos resultados con los obtenidos con la sonda hall del laboratorio

3. **Segundo método:** Con el mismo circuito de la figura 2, pero sin la sonda hall, ubicar una brújula en el centro de la bobina. Con la bobina sin corriente determinar la dirección del CMT y alinear la bobina de modo que su eje quede perpendicular a la dirección del CMT local. Luego, pasar corriente por las espiras y determinar la dependencia del ángulo en la que se desvía la aguja de la brújula ( $\theta$ ) con el campo de la bobina.

Al circular la corriente se ve que la aguja de la brújula se desvía un ángulo  $\theta$  tal que:

$$\tan \theta = \frac{B_{bobina}}{B_{terrestre}} \quad (2)$$

Por lo tanto, a partir de medir el ángulo de desviación  $\theta$  y conociendo el campo generado por la bobina  $B_{bobina}$ , determinar el CMT. Para más detalle ver: <https://www.wired.com/2014/01/measurement-magnetic-field/>. Realizar un ajuste usando el método de cuadrados mínimos (¿que variables se deben graficar para obtener el CMT?).

## 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).
- [4] Práctica de laboratorio 3, 2do cuatrimestre depto de Física FCEyN UBA.