Laboratorio 3
Medición de campo magnético

M. Marziali Bermudez

Segundo cuatrimestre 2011

1. Generalidades

Para medir una magnitud se necesita cuantificar un efecto observable de la misma. Cuando se trata de un campo magnético, algunos de los efectos de interés son:

- Un dipolo magnético en un campo magnético externo sufre un torque
- Un campo magnético variable induce una f. e. m.
- Una carga en movimiento en un campo magnético sufre una fuerza

Para pensar ¿Qué se puede medir con (sólo) una brújula? ¿De qué manera se podrían extender sus aplicaciones?

Para averiguar ¿Qué es una *pinza amperométrica* y cómo funciona?

2. Sensor de efecto Hall

2.1. El efecto Hall

Consideremos un conductor por el cual circula una densidad de corriente $\bar{J}$ en la dirección $\hat{x}$. Desde un punto de vista puramente clásico se puede pensar que dentro del conductor hay cargas *libres* q moviéndose con alguna velocidad media $\bar{v} = v\,\hat{x}$ de manera que

$$\bar{J} = q\,\rho\,\bar{v}, \tag{1}$$

donde ρ es la densidad de cargas libres. Hasta ahora no especificamos el valor de dichas cargas. Resulta intuitivo pensar que tratándose de electrones, debería ser $q = -e$, pero por ahora dejemos el interrogante planteado.

Si introducimos un campo magnético $\bar{B}$ en la dirección $\hat{z}$, como se muestra en la figura 1, se ejercerá una fuerza sobre las cargas en movimiento en la dirección $-\hat{y}$

Ejercicio Muestre que la dirección de la fuerza es independiente del signo de q.

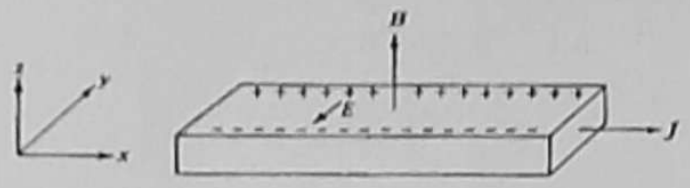

Figura 1: Esquema de un conductor en un campo magnético, para el caso $q = -e$.

Esta fuerza provocará una acumulación de cargas en los laterales del conductor que, a su vez, dará origen a un campo eléctrico en la dirección $\pm\hat{y}$ cuyo efecto contrarrestará a la fuerza magnética, una vez alcanzado el equilibrio.

Ejercicio Muestre que en el equilibrio el campo eléctrico es proporcional a $\bar{B} \times \bar{J}$.

Dicha constante de proporcionalidad se denomina *coeficiente de Hall*, y se nota R_H.

Ejercicio Bajo el supuesto de que las cargas libres son electrones *libres*, calcule el signo de R_H.

En los metales alcalinos el valor de R_H medido experimentalmente concuerda aceptablemente con el que se obtiene de este modelo, mientras que para otros elementos difiere significativamente e incluso en algunos, como el aluminio por ejemplo, ¡tiene el signo opuesto! La razón de esto no puede explicarse en términos clásicos y requiere un análisis más profundo... a esperar hasta Estructura 2.

2.2. La sonda Hall

La sonda 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.

En el dispositivo a utilizar en el laboratorio, el sensor propiamente dicho es un circuito integrado (figura 2) cuya corriente está regulada internamente. La sensibilidad del sensor es $S = (3{,}06 \pm 0{,}12)\,\mathrm{mV/G}$, la cual puede resultar demasiado pequeña en muchos casos. Por esa razón, el sensor se encuentra conectado a un amplificador que permite seleccionar entre distintos valores de ganancia (A): 1, 10 y 200 ($\pm 2\,\%$). La tensión de salida del amplificador es

$$V(B_\perp) = V_0 + A\,S\,B_\perp \tag{2}$$

donde $B_\perp$ es la componente perpendicular al sensor del campo magnético y V_0 es una tensión de campo nulo, la cual es de aproximadamente 2.5 V, pero puede variar significativamente entre distintas escalas y depende también de la temperatura del sensor.

El rango de funcionamiento del sensor es de $\pm 500\,\mathrm{G}$, pero el amplificador tiene un límite en el rango de la tensión de salida entre 0 y 4 volts, aproximadamente.