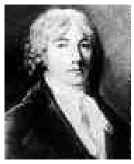
Campo magnético
Ley de Ampere y Biot-Savart



Objetivo

Esta práctica tiene un doble objetivo. Por una parte, se busca determinar del campo magnético terrestre en el laboratorio usando una brújula, un amperímetro, bobinas y una fuente de corriente. Por otra parte, se estudiará el campo magnético de bobinas, tanto a lo largo de su eje como en su plano, utilizando una técnica simple basada en una brújula y usando una punta de prueba Hall, conectada a una PC.

Desarrollo del experimento

Usando una brújula, un amperímetro, una fuente de corriente y bobinas de geometría y número de vueltas conocidos, diseñe y arme un circuito de modo que pueda aplicar y medir una corriente variable (i < 2A) que pase por una bobina. Diseñe un dispositivo experimental que le permita mantener la bobina con su eje horizontal en forma estable.

☝ Actividad 1

Campo magnético terrestre

Para esta parte del experimento *supondremos* conocido el campo magnético en el centro de la bobina de radio R, N número de vueltas y por la que circula la corriente i medida en Ampere (A). En este caso el campo B en el centro de la espira esta en la dirección de su eje y su valor es:

$$B = (\mu_0 / 2)\ i\ N / R \qquad [1]$$

$\mu_0 = 4\ \pi\ 10^{-7}$ Tesla .m/ A= 4 p.10^{-3} Gauss.m/A

El método consiste en primer lugar (con la bobina sin corriente) en determinar con la brújula la dirección del campo magnético terrestre. Alinee seguidamente la bobina de modo que su plano esté en la dirección del campo magnético en ese lugar. Luego haga pasar una corriente por las espiras y para cada valor de *i*, determine la variación del ángulo *Q* de orientación de la aguja de la brújula. Claramente, cuando *Q* = 45º el campo de la bobina es igual al terrestre. Determine el valor de $B_{terrestre}$ usando el método de cuadrados mínimos (regresión) aplicado a sus mediciones de *Q* en función de *i*.

Actividad 2

Campo magnético de una espira a lo largo de su eje:

En este caso use la misma geometría que en el punto anterior, coloque además una regla a lo largo del eje *z* de la espira y determine el ángulo *Q* de la brújula a medida que la misma se aleja del centro de la espira. A partir de la medición de *Q*, determine el valor del campo de la espira a lo largo de su eje $B_Z(z)$. Grafique sus resultados. ¿Qué tipo de dependencia encuentra para B_Z como función de *z*?. (sugerencia, grafique $B_Z\ .\ z^n$ vs. *z* y $B_z.\ (z^2+R^2)^{3/2}$ vs. z^n, con *n* variable, y determine *n* de modo que la dependencia sea lineal). ¿Cómo explica sus resultados usando la ley de Biot y Savart? Grafique juntos sus resultados de $B_Z(z)$ vs. *z* con los calculados usando la teoría. ¿Qué concluye?.

Actividad 3

Medición de campos magnéticos usando una punta Hall

Las puntas Hall son dispositivos basados en el efecto Hall (rer Ref. [1] y [2]) que permiten medir con gran precisión y rapidez la componente del campo perpendicular a su plano de trabajo. Disponemos de una punta Hall conectada a la interface MPLI de Vernier. Encuentre el plano de trabajo de la punta. Idee un mecanismos (que no contenga materiales ferromagnéticos) que le permita desplazar la punta Hall desde el centro de la espira hasta una distancia de 25 cm aproximadamente, de modo que en todo momento la orientación de la punta no cambie respecto de la bobina. Luego mida el valor de la señal Hall, V_H, para distancias entre z = 0 y 25 cm. En el mismo gráfico, dibuje el valor de B_z y el cociente V_H /B_z. A partir de este gráfico discuta la calibración de la punta Hall y su posibilidad de usarla como indicadora del campo magnético. También explore qué ocurre cuando rota la punta 180º respecto de su eje, de modo el campo magnético entre por el extremo opuesto a la punta Hall. También explore lo que ocurre si acerca al dispositivo de medición un trozo de hierro. ¿Cómo explica cualitativamente sus resultados?

Actividad 4

Campo magnético de una espira en su plano

En este caso, diseñe el experimento para poder desplazarse a lo largo del eje x, perpendicular al eje z y que pase por el centro de la espira. Usando cualquiera de las técnicas discutidas anteriorémente, determine $B(x)$ para $x > R$ y $x < R$ Grafique sus resultados. En el mismo gráfico compare sus resultados con las predicciones de la ley de Biot y Savart. ¿Qué concluye?.

Actividad 5

Campo magnético de un imán permanente

Usando la técnica que le resulte más adecuada estudie la variación del campo magnético de un imán permanente. Estudie en particular la variación de $B_z\ (z)$ (z: eje del imán) y $B_z\ (x)$ (x: eje perpendicular a z). A partir de estos datos trate de modelar su imán. Analice cuál es la distribución de corriente que mejor reproduce sus datos y si su modelo es razonable. ¿Cómo consideraría un imán en forma de anillo? Consulte la base de datos del *Am. J. Phys.* y *Phys. Teach.* y a partir de su lectura y experiencia proponga un método alternativo de estudiar la conexión entre campos magnéticos y corrientes. Compare su método con el usado en esta práctica.

Bibliografía

1. *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).

2. *Física para estudiantes de ciencias e ingeniería*, D. Halliday, R. Resnick y J. Walker, 4ta. Ed. [Trad. de Fundamentals of Physics – John Wiley & Sons, Inc. New York (1993)].

3. *Trabajos prácticos de física*, J. E. Fernández y E. Galloni, Editorial Nigar, Buenos Aires (1968).

Apéndice

Ley de Biot y Savart: Relaciona el valor del campo magnético con las corrientes que lo producen.

$$dB=(\mu_0 / 4)\ i\ dl \times r/r^3 \qquad [2]$$

donde $\mu_0 / 4 = 10^{-7}$ m.kg / $C^2 = 10^{-3}$ Gauss.m/A

Ley de Ampere:

$$\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = m_0 \cdot \left(i + e_0 \cdot \frac{df_E}{dt} \right) \qquad [3]$$

donde la integral se realiza sobre una curva cerrada, *c*; *i* es la corriente que atraviesa el camino de integración.

Campo magnético de una bobina de *N* espiras de radio *R* por la que circula la corriente *i*, y a una distancia *z* del centro sobre su eje:

$$B(z) = \frac{m_0}{2} \cdot i \cdot \frac{R^2}{\left(R^2 + Z^2\right)^{3/2}} \qquad [4]$$

Bobina de Helmholtz: Este sistema consiste en dos bobinas de radio *R* y *N* espiras, separadas una distancia igual a su radio. Si designamos con *z* la distancia sobre el eje común al punto medio entre las dos bobinas, tenemos:

$$B_z(z) = m_0 \cdot \frac{N \cdot i}{R} \cdot \frac{8}{(5)^{3/2}} \cdot \left(1 - \frac{144}{125} \cdot \left(\frac{z - R/2}{R} \right)^4 \right) \qquad [5]$$