

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GAUSSIMETRO Y CALIBRACIÓN DE ESTE POR MEDIO DEL CAMPO MAGNÉTICO EN EL INTERIOR DE UN SOLENOIDE

HÉCTOR BARCO R.*, **EDILBERTO ROJAS C. ****

PC: Ampere, Inducción, Magnetismo, Gaussimetro

ABSTRACT

In this article is presented the design of a magnetic fields meter (gaussmeter) that uses a probe Hall and that it can be used to measure magnetic fields DC and AC. Also it is proposed a method to calculate the magnetic field in the coil inner side using a current scale that serves for same time to calibrate the gaussmeter.

RESUMEN

En este artículo se presenta el diseño de un medidor de campos magnéticos (gaussimetro) que utiliza una sonda Hall y que puede usarse para medir campos magnéticos DC y AC. También se propone un método para calcular el campo magnético en el interior de un solenoide utilizando una balanza de corriente la cual sirve al mismo tiempo para calibrar el gaussimetro.

INTRODUCCIÓN

Comprobar la validez de las leyes físicas, es en verdad apasionante. Pero la pasión es mayor cuando el trabajo de diseño y construcción de equipo, junto con el modelo que pone en evidencia la ley, surgen de un trabajo en equipo en el que participan los estudiantes que actúan como monitores, los profesores, y los estudiantes a quienes se orienta el curso. Gracias a este trabajo mancomunado, se logró elaborar el material que a continuación se describe, el cual estamos seguros, prestará gran utilidad en los cursos de magnetismo que deben orientarse a los estudiantes de ingeniería.

Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Departamento de Física y Química

* email: hbarco@andinet.com

** email: crojas@nevado.manizales.unal.edu.co

Este trabajo surgió también de la necesidad de contar con un medidor de campos magnéticos pues en el laboratorio de Física se adolecía de este instrumento, lo que llevaba a que las prácticas no pasaran del campo meramente cualitativo.

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

GAUSSIMETRO: El diseño del medidor del campo magnético estuvo a cargo de los estudiantes Juan A. Franco G., y Augusto E. Salazar J., quienes actuaron como monitores del curso de Física III. Consta de un dispositivo que mide la intensidad del campo magnético constante, como es el caso de imanes permanentes o de los producidos por corrientes DC. También detecta la presencia de campos magnéticos alternos como en el caso de transformadores o por corrientes AC.

Para la parte del campo DC se implementó el dispositivo de la figura 1, el cual consta de seguidores de voltaje que permiten mantener el voltaje deseado y un restador que elimina el nivel indeseado produciendo un valor en voltaje equivalente al campo magnético que se está midiendo.

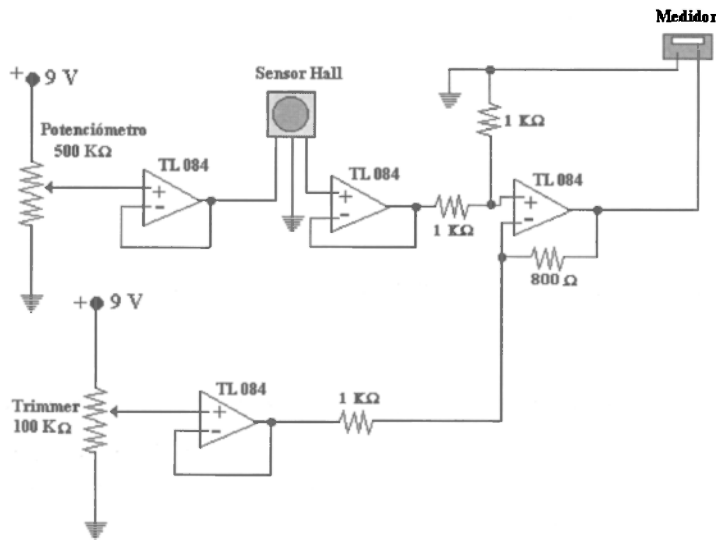


Fig. 1 Diagrama esquemático del medidor de campo magnético DC

El diseño utiliza un sensor de efecto hall (UGN 3503), el cual debe ser polarizado a un voltaje cuyo rango oscila entre 4.5 y 6 voltios, sin exceder este voltaje. A la salida del sensor debe haber un voltaje equivalente a la mitad del voltaje al cual se ha alimentado. Así, si el sensor se polariza a un voltaje de 5 voltios, el voltaje a la salida debe ser de 2.5 voltios.

La calibración del sensor se hizo con base a una polarización de 5 voltios. Esto permite hallar un valor proporcional al campo magnético que se desea medir, para lo cual se hace una serie de ensayos y tabulaciones.

El medidor de campo magnético (Fig. 2a) funciona con tres pilas de 9 voltios, dos de las cuales pueden ser reemplazadas por adaptadores haciendo una modificación al sistema de alimentación.

La entrada negativa del TL082, debe ser calibrada a través de un trimmer que se encuentra a la salida de la alimentación, para que cuando se visualice en el display, aparezca un cero, que indica que no hay presencia de campos magnéticos mayores a un gauss, pues ésta es la tasa de detección del sensor del efecto hall.

El sensor tiene un cambio de 1.27 mV por gauss que se detecta, es decir, si se detectan 10 gauss, la salida del sensor va a ser

$$1.27 \text{ mV} + \text{Voltaje de polarización}/2$$

en nuestro caso, es de

$$1.27 \text{ mV} + 2.5 \text{ V} = 2.50127 \text{ V}$$

Para obtener un correcto funcionamiento del medidor del campo magnético, es necesario cumplir con algunas precauciones:

- Verificar el voltaje de las pilas, de tal manera que no sea inferior a 8 voltios.
- Observar el voltaje de polarización del sensor que trabajando en condiciones mínimas no debe ser inferior a 4 voltios. Para ello se mide en el pin de polarización del sensor y se referencia a tierra (Fig. 2b), y si el voltaje es inferior a 4 voltios, se deben revisar los siguientes parámetros: El voltaje de la pila o en su defecto la alimentación externa y el plug de conexión del sensor.

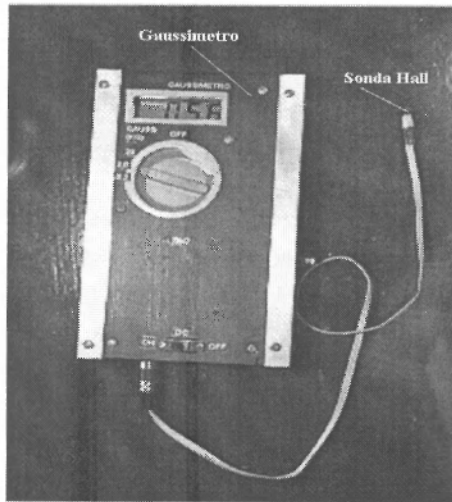


Fig. 2a Gaussmetro.

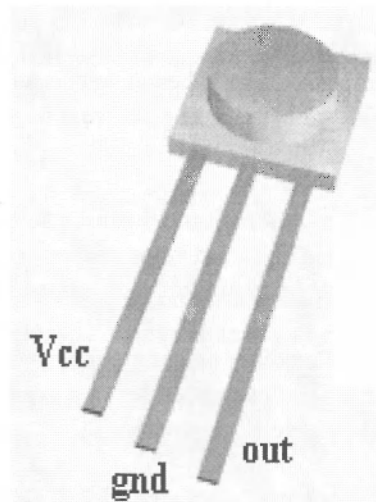


Fig. 2b Sensor de efecto Hall UGN 3503.

- Si el voltaje de las pilas es el correcto, el voltaje de alimentación del sensor es ideal, entonces se deben revisar las conexiones del circuito impreso y verificar las soldaduras del mismo y además que no esté haciendo un corto con algún elemento.

BALANZA DE CORRIENTE: En la figura 3 se muestra la balanza de corriente diseñada por los profesores H. Barco y E. Rojas y construida por sus estudiantes, la cual consta de un solenoide con las siguientes características:

Número de espiras : 3100

Longitud: 40 cm

Diámetro: 8 cm

Resistencia : 56.8 Ω

Y una espira rectangular adherida a una base de balsa que hace las veces de balanza. La longitud del conductor de la espira perpendicular al eje del solenoide es de 6.4 cm.

DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL

Las figuras 3(a) y 3(b) muestran una balanza sensible que puede utilizarse para determinar la fuerza que se ejerce sobre un alambre de corta longitud introducido en un campo magnético. Si la balanza está orientada de tal modo que el extremo de la espira en forma de U es perpendicular al campo, mientras que los brazos de la U son paralelos al mismo, la fuerza ejercida por el campo sólo actuará sobre dicho extremo y podrá medirse equilibrando la balanza con un contrapeso conocido que cuelga del otro extremo.

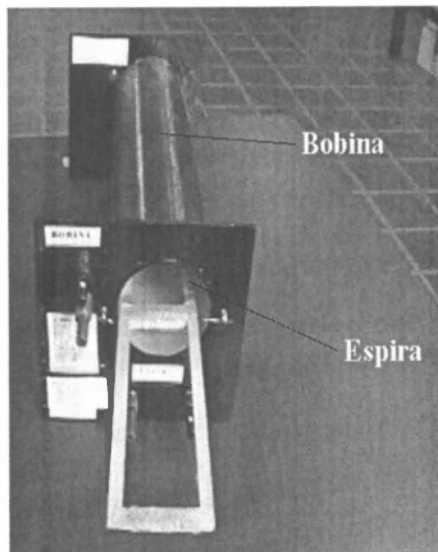


Fig. 3(a) Balanza de corriente.

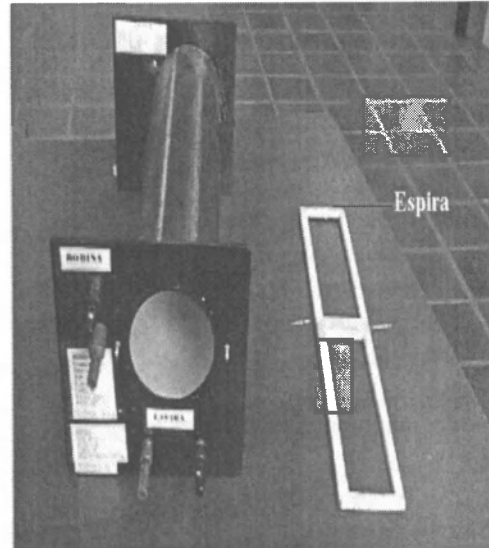


Fig. 3(b) Componentes de la balanza de corriente.

La fuerza magnética ejercida sobre un conductor recto de longitud L por el cual circula una corriente I perpendicular a la dirección del campo magnético B , se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$F = IBL \quad (1)$$

Utilizando el concepto de equilibrio estático y haciendo el análisis para la figura 4, se llega a la siguiente expresión:

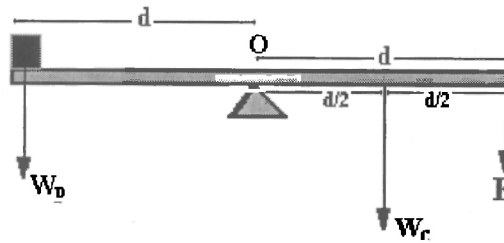


Fig. 4 Análisis estático para la balanza de corriente.

$$F = W_p - \frac{W_c}{2} \quad (2)$$

donde W_c es el peso de la espira y W_p es el peso de las pesas para que la balanza esté en equilibrio.

Teniendo en cuenta las expresiones (1) y (2), se llega a

$$W_p = (BL)I + \frac{W_c}{2} \quad (3)$$

EQUIPO UTILIZADO

- Dos Fuentes DC
- Dos amperímetros DC
- Reóstato
- Balanza de corriente
- Pesas
- Balanza electrónica

MONTAJE

La figura 5 muestra el montaje eléctrico para obtener el campo magético en el interior del solenoide.

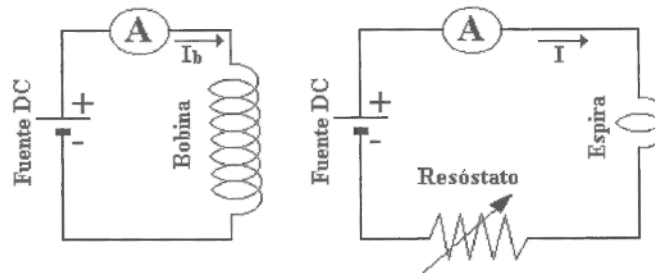


Fig. 5 Montaje eléctrico de la balanza de corriente.

Por el solenoide se hizo circular una corriente constante de 1 A, mientras que por el conductor (espira) ubicado en el núcleo del solenoide, con la ayuda del reóstato, se le varió la corriente.

La tabla siguiente muestra los valores de intensidad de la corriente que transportó el conductor (espira), junto con los correspondientes valores de peso (de los contrapesos) colocados en el extremo de la balanza ubicado por fuera de la bobina, para que ésta se equilibrara, debido a la fuerza magnética que experimenta el conductor (espira) en el interior de la bobina.

I [A]	0.67	0.82	1.01	1.21	1.4	1.63	1.84	2.00
Mg [nw] x 10 ⁻⁴	2.94	3.92	5.7	6.8	7.8	9.00	10.5	12.00

La gráfica de intensidad de la corriente que transporta la espira en función del peso de los contrapesos que deben utilizarse para equilibrar la balanza, se muestra en la figura 6.

Como la gráfica corresponde a una recta, y dado que la relación funcional entre el peso de los contrapesos y de la corriente, es a través de la ecuación 3, se concluye que el valor de la pendiente dividido por la longitud del conductor de la espira perpendicular al eje del solenoide, corresponde justamente, a la magnitud del campo magnético en el interior del solenoide, es decir,

$$B = \frac{m}{L} = \frac{0.00065}{0.064} = 0.01015 \text{ T} = 101.5 \text{ gauss}$$

donde B, es la magnitud del campo magnético en el interior del solenoide, m es la pendiente de la recta de la figura 6 y L, es la longitud del conductor de la espira perpendicular al eje del solenoide.

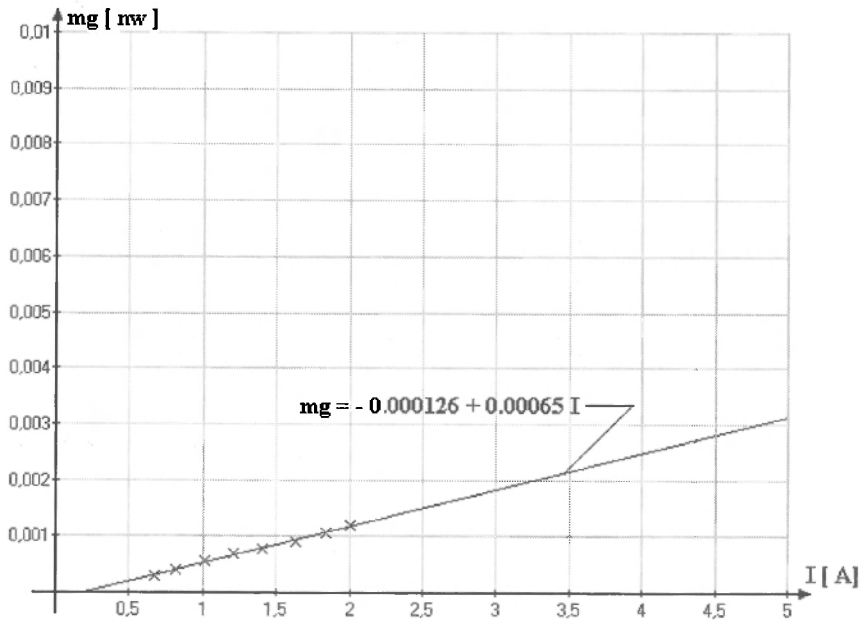


Fig. 6 Gráfica de peso (de los contrapesos) contra corriente.

El cálculo teórico del campo magnético en el interior de un solenoide de longitud 40 cm, 3100 espiras y que transporta una corriente de 1 A, es aproximadamente 97.3 gauss.

Utilizando el gaussímetro con la sonda Hall en el interior del solenoide se obtuvo un valor de 103.7 Gauss.

Si comparamos los resultados tanto práctico como teórico junto con el que registra el gaussímetro se aprecia que estos difieren entre 5% y 6%, respectivamente.

CONCLUSIONES

El artículo expuesto deja ver claramente como se puede trabajar armónicamente con los estudiantes y monitores para producir instrumentos de medida de buena precisión y bajo costo, como también, diseñar prácticas que permiten simultáneamente la calibración de estos aparatos. Adicionalmente, se le fomenta al estudiante un espíritu investigador para crear y diseñar dispositivos basados en la aplicación de fenómenos físicos tratados en el curso correspondiente.

BIBLIOGRAFÍA

KAUFMAN, M.; SEIDMAN, A. H. *Handbook of electronics calculations for engineers and technicians*. Ed. Mc Graw Hill, 1990.

BOYLESTAD, R., NASHELSKY, L. *Electrónica teoría de circuitos*. Ed. Prentice Hall, 1986.

SERWAY, R. *Física*. Tomo II, Ed. Mc Graw Hill, 1999.