

-20-

CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR CONDUCTORES

OBJETIVO.

- Medir y estudiar el campo magnético creado en el exterior de distintos conductores por los que circula una corriente eléctrica.

MATERIAL.

- Guía, soporte y pinza para sonda.
- Sonda magnética.
- Fuente de alimentación de 0 a 15 V de corriente alterna.
- Transformador de alta intensidad (1:100) amperios.
- Amperímetro.
- Teslámetro.
- Conjunto de dos conductores.

FUNDAMENTO TEÓRICO.

Cuando una carga puntual q se mueve con velocidad \vec{v} , se produce en un punto P situado a una distancia r de la carga un campo magnético \vec{B} , según la expresión:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q \vec{v} \times \vec{r}}{r^3} \quad \text{donde } \mu_0 / 4\pi = 10^{-7} \text{ V}\cdot\text{s} / \text{A}\cdot\text{m} \quad (1)$$

(\vec{r} en el sentido desde la carga al punto). Por tanto \vec{B} es un vector perpendicular al plano que contiene a \vec{v} y a \vec{r} y de magnitud proporcional a $\sin \varphi$, donde φ es el ángulo formado por los vectores \vec{v} y \vec{r} .

En un caso más general en el que en lugar de una sola carga tenemos una corriente I circulando a lo largo de un conductor, el campo en un punto P , situado a una distancia \vec{r} del conductor, se obtiene integrando a lo largo del mismo. Reemplazando en la ecuación (1) $q\vec{v}$ por $I\vec{dl}$, se tiene que el campo total será:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint \frac{I \vec{dl} \times \vec{r}}{r^3} \quad (2)$$

que es el enunciado de la Ley de Biot y Savart. La expresión (2) es la que aplicaremos para calcular teóricamente el campo magnético creado por los conductores en un punto P .

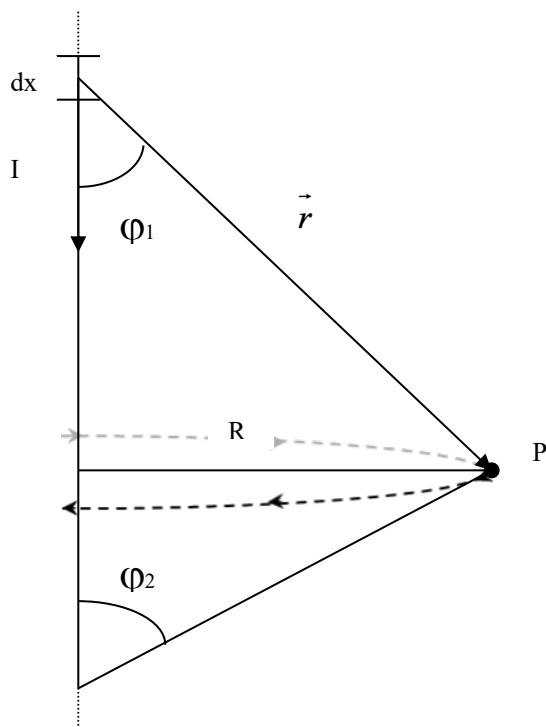
A continuación, se detalla el cálculo para algunos casos sencillos. Hay que tener en cuenta que en esta práctica usamos corriente alterna y por tanto no medimos la dirección del campo, sino sólo el módulo de su componente a lo largo de la dirección de la sonda.

a) Conductor rectilíneo finito:

Todos los elementos del conductor dan un campo perpendicular al plano del papel. Si tomamos los ejes según la figura, eje x en la dirección del conductor, se tiene que el campo \vec{dB} en P , creado por un elemento por $I\vec{dl}$, está dirigido hacia afuera. Su módulo es:

$$dB = \frac{\mu_0 I dx}{4\pi r^2} \operatorname{sen}\varphi_1 \quad (3)$$

Si nos colocamos en un punto P que no equidiste de los extremos del conductor, como es el caso de la figura, el campo total realizando la integración a la derecha y a la izquierda del punto es:



$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} (\cos\varphi_1 + \cos\varphi_2) \quad (4)$$

siendo R la distancia perpendicular desde el punto al conductor. Sin embargo, si nos situamos en un punto equidistante de los extremos, $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$ y la ecuación se reduce a:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \cos\varphi \quad (5)$$

Si el conductor es suficientemente largo, $\cos\varphi$ es cercano a 1, y la ecuación anterior queda:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \quad (6)$$

b) Campo magnético creado por una espira circular.

Vamos a considerar sólo el campo en un punto situado sobre el eje de la espira. Por simetría sólo quedan las componentes de B paralelas al eje y aplicando la fórmula de Biot y Savart se llega a:

$$B = \frac{\mu_0 I a^2}{2\sqrt{(x^2 + a^2)^3}} \quad (7)$$

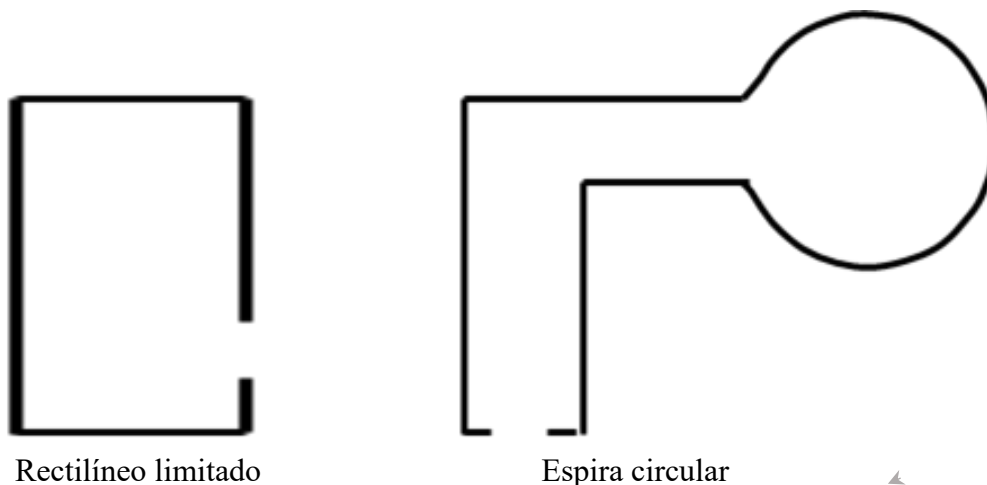
donde a es el radio de la espira y x , la distancia al centro. Es fácil comprobar que el campo es máximo en el centro.

MÉTODO EXPERIMENTAL.

La disposición del experimento es la siguiente:

- Una fuente de alimentación regulable proporciona una intensidad de corriente variable que se hace circular por el conductor.
- Un transformador de corriente se sitúa intercalado en el conductor utilizando el espacio libre de éste. La función del transformador es multiplicar la intensidad -leída en el amperímetro- por un factor cien (también debemos ser cuidadosos al hacer la lectura según la escala en la que está operando el amperímetro).
- La sonda que detecta el campo magnético está conectada a un teslámetro, las medidas se realizan en la escala de 10^{-3} Teslas. Esta sonda está sujeta sobre un pie, que permite regular la altura de la misma y que se encuentra colocado sobre un banco graduado en mm, permitiendo la medida precisa de distancias.
- En cualquier caso, es importante situar la sonda perpendicular al plano del conductor lo más exactamente posible. Por simetría, el campo a un lado y a otro del circuito es el mismo, esto puede ayudar a la colocación correcta de ésta.

En la figura siguiente se muestra la forma de los conductores que pueden utilizarse.



1. ESPIRA CIRCULAR:

Se realizan dos tipos de medidas:

- Situamos la sonda en el centro y para varias intensidades, mínimo diez, anotamos la lectura del teslámetro (para saber si realmente es el centro de la espira, trasladamos la sonda paralelamente a sí misma, hasta tener el máximo del campo magnético).
- Colocamos la sonda en el eje de la espira y la desplazamos con cuidado manteniendo la dirección perpendicular al plano de la misma. Se toman medidas con el teslámetro para diferentes distancias (x), a ambos lados del plano de la espira, manteniendo fija la intensidad de corriente (máximo 60 A). Debe tenerse en cuenta que $x = 0$ cuando la sonda está en el plano de la espira.

2. CONDUCTOR FINITO:

Se medirá el campo B , para una intensidad fija (máximo 60 A), a la izquierda y a la derecha del conductor, para las distancias indicadas en la hoja de datos, moviendo la sonda en sentido horizontal. Se procurará colocarla equidistante de los extremos del conductor.

RESULTADOS EXPERIMENTALES.

1. Espira circular:

- Indique como se ha calculado el radio y su incertidumbre.
- Represente los valores del campo en función de la intensidad de corriente. Realice un ajuste lineal, $B = mI + c$, calculando las incertidumbres en los parámetros m (pendiente) y c (ordenada en el origen). Si las medidas están bien hechas, c debe ser próximo a 0. ¿Qué representa c ?
- A partir de la pendiente, obtenga el valor de μ_0 y su incertidumbre. Halle μ_0 y su incertidumbre aplicando la fórmula (7), para el valor máximo de la intensidad al que se haya trabajado.
¿El resultado obtenido, discrepa del hallado mediante la regresión lineal?
Compare las incertidumbres relativas.
- Indique en una tabla los valores del campo magnético en función de la distancia al centro de la espira. Calcule el campo esperado o teórico, B_{teo} y su incertidumbre (ΔB_{teo}), a partir de la expresión (7). Represente en un mismo gráfico los valores medidos y los esperados y compare los resultados.

2. Conductor finito:

- Haga una tabla con los valores medidos del campo B en función de la distancia.
- ¿Hay diferencias entre los valores hallados hacia la derecha y hacia la izquierda? Razone la respuesta.
- Calcule el campo B_{teo} y su incertidumbre (ΔB_{teo}) a partir de la expresión (6). Represente en un mismo gráfico los valores medidos y los teóricos y compare los resultados.

NOTAS:

Los resultados deben darse en unidades S.I. (salvo que se indique lo contrario) y correctamente redondeados según sus incertidumbres.