

Prácticas de Laboratorio de Física

CAMPO MAGNÉTICO: LEY DE BIOT-SAVART

Objetivos de la práctica

El objetivo de la práctica es el estudio del campo magnético, \mathbf{B} , creado por una corriente eléctrica circulando por diferentes conductores:

- .-conductor rectilíneo
- .-dos conductores rectilíneos con la corriente eléctrica circulando en la misma dirección
- .-espira de corriente.

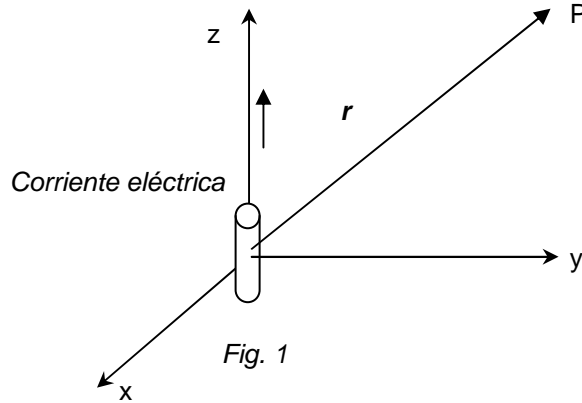
La ley de Biot-Savart permitirá estimar la dependencia de \mathbf{B} en función de la separación a los conductores y de la corriente circulando por éstos.

Fundamento teórico

El campo magnético, $d\mathbf{B}$, producido en un punto P por un elemento de corriente $I d\mathbf{l}$ (I : corriente eléctrica; $d\mathbf{l}$: vector de longitud dl y dirección y sentido el de la circulación de la corriente eléctrica) viene dado por:

$$\text{Ley de Biot-Savart} \quad d\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \vec{u}_r}{r^2} \quad (1)$$

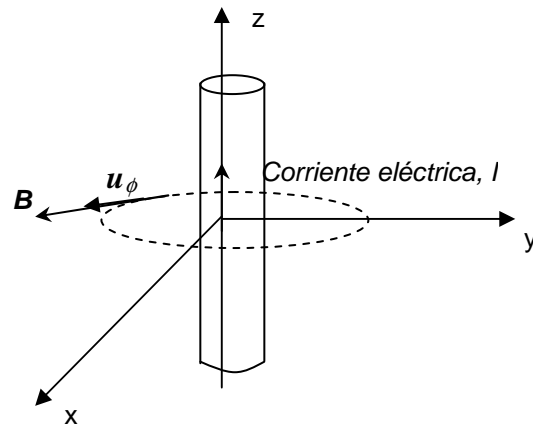
donde \mathbf{u}_r ($\mathbf{u}_r = \mathbf{r}/r$) es un vector unitario que apunta desde el elemento $d\mathbf{l}$ hasta el punto P (ver fig. 1)



En el caso del campo magnético debido a una corriente en un conductor rectilíneo largo ($L \rightarrow \infty$, L : longitud del conductor), el campo tiene la expresión

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{u}_\phi \quad (2)$$

donde \vec{u}_ϕ representa un vector unitario tangente a la circunferencia de radio r centrada en el conductor (sentido = regla de la mano derecha).



Si se sitúan dos conductores rectilíneos paralelos, el campo magnético en cualquier punto vendrá dado por la suma vectorial de los campos generados por cada uno de los conductores. Supongamos que situamos un conductor en $x = 0$ (C_1) y otro conductor paralelo a éste en $x = d$ (C_2). La corriente eléctrica circula en el mismo sentido en ambos conductores (eje z) y se desea calcular \vec{B} en un punto $P(x, 0)$ (ver fig 3).

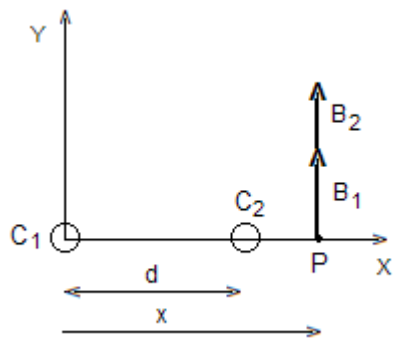


Fig. 3

De acuerdo a la ecuación 2, el campo creado por el conductor C_1 en el punto P, tiene la expresión:

$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} \vec{j}$$

Y el campo creado por el conductor C_2 :

$$\vec{B}_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi(x-d)} \vec{j}$$

Así, el campo total, suma vectorial de ambos, será:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{I_1}{x} + \frac{I_2}{x-d} \right) \vec{j} \quad (3)$$

Finalmente, el campo magnético sobre el eje de una espira de corriente puede ser también calculado empleando la ley de Biot-Savart (ec. 1) y viene dado por

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2} \frac{R^2 I}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \vec{i} \quad (4)$$

donde R representa el radio de la espira, x la distancia a su centro e \vec{i} un vector unitario según el eje x (ver fig. 4).

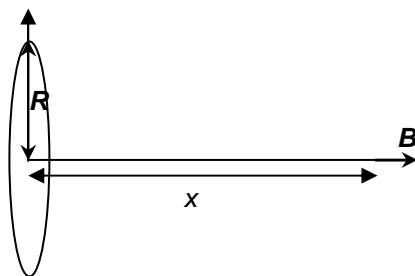


Fig. 4

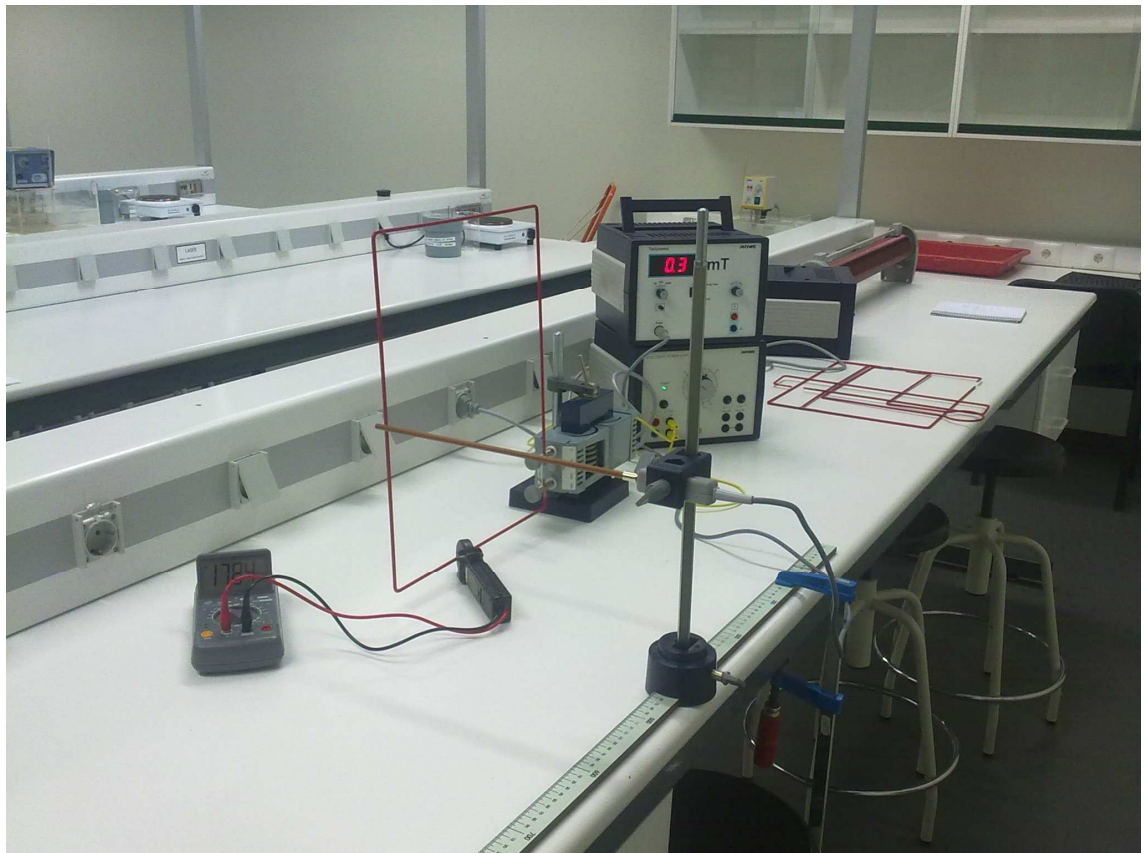
Material

El dispositivo experimental con el que se cuenta para el desarrollo de la práctica es:

- Conductores de corriente (1 conductor, 2 conductores corriente en el mismo sentido, espira). Todos los conductores tienen de diámetro $\phi_{\text{conductor}} = 4 \text{ mm}$.
- Sonda Hall axial. Diámetro $\phi_{\text{sonda}} = 6 \text{ mm}$.
- Teslámetro
- Pinza amperimétrica
- Multímetro (amperímetro)
- Transformador
- Fuente de corriente continua

Desarrollo de la práctica

Conectar el circuito que se muestra en la figura



¡Cuidado!

- La base en que se apoya la sonda en la regla tiene holgura. Colocarla, para hacer la lectura en la regla, siempre en la misma posición.
- Vigilar que el conductor este vertical
- Colocar la punta de la sonda para que esté alineada con el centro del conductor
- Al medir las distancias r tener en cuenta el radio del conductor y la sonda
- La medida del multímetro es el valor eficaz de la intensidad, I_{ef} , con un factor de corrección.
 - El multímetro se conecta a milivoltios y una lectura de 1 mV representa una intensidad eficaz de 1 A

1- Campo magnético creado por un conductor rectilíneo

1.a. Campo magnético en función de la corriente eléctrica, I , a distancia, r , constante.

1. Conectar el conductor rectilíneo a la salida del transformador.
2. Situar la sonda Hall a una distancia r de aproximadamente 2 cm del conductor.
3. Colocar la pinza amperimétrica en el conductor.
4. Ir variando la intensidad de 4 en 4 A (de 4mV en 4mV) y midiendo el campo B creado. Rellenar la tabla I, tomando 10 medidas

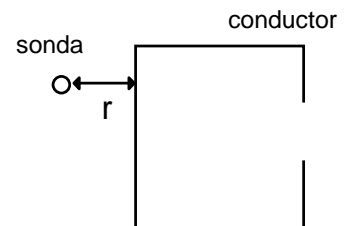


TABLE I

I (A)	B(T)

5. Representar B frente a I. Discutir el resultado obtenido.
6. Ajustar B frente a I a una recta por el método de mínimos cuadrados.

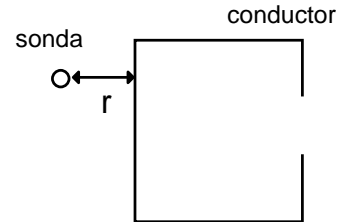
A partir de la pendiente de esta recta, $m = \frac{\mu_o}{2\pi}$ estimar la permeabilidad magnética del vacío.

1.b. Campo magnético en función de la distancia, r, a intensidad de la corriente eléctrica, I, constante.

1. Conectar el conductor rectilíneo a la salida del transformador.
2. Tomar una corriente eléctrica circulando por el conductor del orden de 40A (40mV).
3. Ir variando la distancia r de la sonda Hall al conductor y completar la tabla II con 10 medidas. Empezar en la posición con la sonda y el conductor en contacto (r = 5mm)

TABLA II

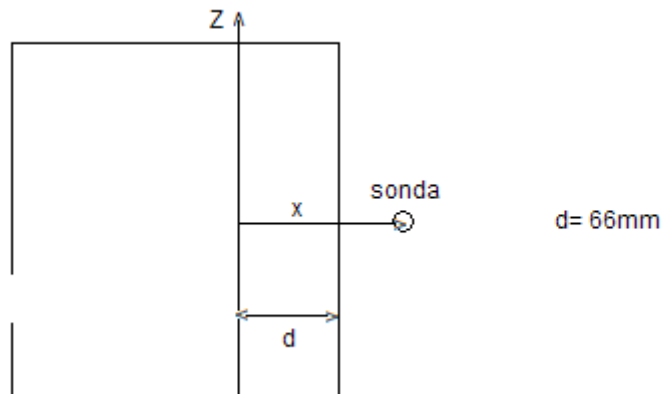
r	1/r	B



- 4.- Representar B frente a 1/r. Discutir el resultado obtenido.
- 5.- Ajustar B frente a 1/r a una recta por el método de mínimos cuadrados. A partir de la pendiente, $m = \frac{\mu_o I}{2\pi}$, estimar de nuevo la permeabilidad magnética del vacío.

2- Campo magnético creado por conductores rectilíneos paralelos

Campo magnético para la corriente eléctrica circulando en el mismo sentido en ambos conductores. Campo magnético en función de la distancia, x , a intensidad de la corriente eléctrica, I , constante



1. Conectar el cuadro de los dos conductores con corriente eléctrica en el mismo sentido al transformador.
2. Tomar una corriente eléctrica total eficaz del orden de 40 A. **Medir I_1 e I_2**
3. Colocar la sonda orientada como indica la figura. Ir variando el valor de x en el intervalo $5\text{mm} \leq x \leq (d-5)\text{mm}$ y $x \geq (d+5)\text{mm}$ midiendo el campo creado. Rellenar la tabla III variando x de 5 en 5 mm.

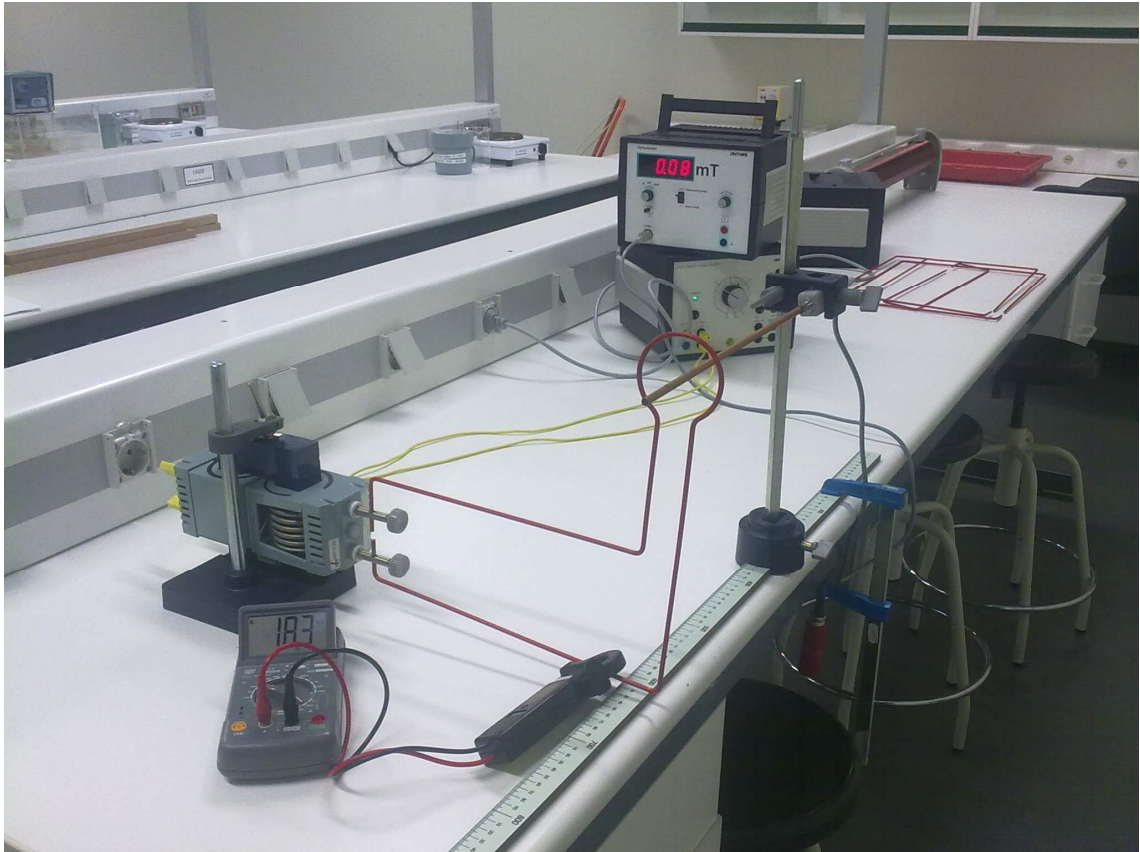
TABLA III

x	$x-d$	B_{exp}	$B_{\text{teor(ec.3)}}$

4. Representar B_x teo. y B_x exp frente a x .
5. Comentar los resultados obtenidos.

3- Campo magnético creado por una espira

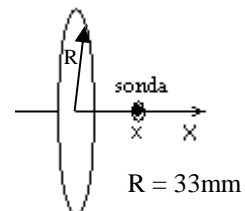
Campo magnético en el eje de la espira en función de la distancia x al centro de la espira para una intensidad de la corriente constante



1. Conectar la espira a la salida del transformador.
2. Tomar una corriente eléctrica total eficaz del orden de 40 A.
3. Colocar la sonda en dirección del eje de la espira y variar la posición x entre $-35\text{mm} \leq x \leq 35\text{ mm}$ de 5 en 5 mm. Medir en cada posición el campo magnético y rellenar la tabla IV

TABLA IV

x	B_{exp}	$B_{\text{teo (ec. 4)}}$



4. Representar $B_{\text{teo.}}$ y B_{exp} frente a x .
5. Comentar los resultados.