

Campo magnético de bobinas individuales / Ley de Biot-Savart con un teslametro



Física → Electricidad y Magnetismo → El magnetismo y el campo magnético

ciencia aplicada → Ingeniería → Ingeniería eléctrica → Propiedades de los componentes eléctricos

Nivel de dificultad
difícil

Tamaño del grupo
2

Tiempo de preparación
10 minutos

Tiempo de ejecución
20 minutos

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/6060b6bea60fb700036e4d21>



Información general

Aplicación



Fig.1: Montaje experimental

Los campos magnéticos se utilizan ampliamente en distintos ámbitos. Desde los imanes utilizados en los desguaces para transportar coches viejos hasta su uso en aceleradores de partículas, los campos magnéticos producidos por las bobinas tienen muchas aplicaciones.

Información adicional (1/2)

PHYWE



Los conocimientos previos necesarios para este experimento se encuentran en la sección de teoría.

Anteriormente**conocimiento****Principal principio**

El campo magnético a lo largo del eje de bucles de alambre y bobinas de diferentes dimensiones se mide con un teslametro (sonda Hall). Se investiga la relación entre la intensidad de campo máxima y las dimensiones y se hace una comparación entre los efectos medidos y los teóricos de la posición.

Información adicional (2/2)

PHYWE

**Objetivo**

El objetivo de este experimento es investigar el campo magnético producido por una sola bobina.

**Tareas**

1. Medir la densidad de flujo magnético en el centro de varias espiras de alambre con la sonda Hall e investigar su dependencia del radio y del número de espiras.
2. Determinar la constante del campo magnético μ_0
3. Medir la densidad de flujo magnético a lo largo del eje de las bobinas largas y compararla con los valores teóricos.

Teoría (1/3)

De la ecuación de Maxwell

$$\int_K \vec{H} d\vec{s} = I + \int_F \vec{D} d\vec{f} \quad (1)$$

donde K es una curva cerrada alrededor del área F , H es la intensidad del campo magnético, I es la corriente que fluye a través del área F y D es la densidad de flujo eléctrico, obtenemos para las corrientes directas ($\vec{D} = 0$), la ley del flujo magnético:

$$\int_K \vec{H} d\vec{s} = I \quad (2)$$

Con las anotaciones de la Fig. 2, la ley del flujo magnético (2) se escribe en la forma de la ley de Biot-Savart:

$$d\vec{H} = \frac{I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \rho}{\rho^3} \quad (3)$$

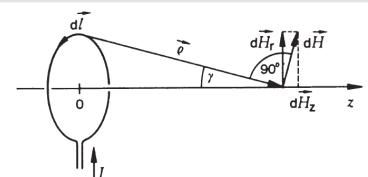


Fig. 2: Dibujo para el cálculo del campo magnético a lo largo del eje de una espira de alambre.

Teoría (2/3)

El vector \vec{dl} es perpendicular a $\vec{\rho}$ además de esto $\vec{\rho}$ y $d\vec{H}$ se encuentran en el plano del dibujo, de modo que

$$dH = \frac{I}{4\pi\rho^2} dl = \frac{I}{4\pi} \frac{dl}{R^2+z^2} \quad (4)$$

$d\vec{H}$ puede ser resuelto en una radial dH_r y una axial dH_z componente.

El dH_z los componentes tienen la misma dirección para todos los elementos conductores dl y se suman las cantidades; el dH_r Los componentes se anulan entre sí, por parejas.

Por lo tanto, $H_r(z) = 0$ (5)

$$\text{y } H(z) = H_z(z) = \frac{I}{2} \frac{R^2}{(R^2+z^2)^{3/2}} \quad (6)$$

Teoría (3/3)

PHYWE

a lo largo del eje del bucle de alambre, mientras que la densidad de flujo magnético

$$B(z) = \frac{\mu_0 \cdot I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + z^2)^{3/2}} \quad (7)$$

donde $\mu_0 = 1.2566 \cdot 10^{-6}$ H/m es la constante del campo magnético. Si hay un pequeño número de espiras idénticas cercanas entre sí, la densidad de flujo magnético se obtiene multiplicando por el número de espiras n .

Material

Posición	Material	Artículo No.	Cantidad
1	PHYWE Fuente de alimentación universal DC: 0...18 V, 0...5 A / AC: 2/4/6/8/10/12/15 V, 5 A	13504-93	1
2	PHYWE Teslametro, digital	13610-93	1
3	Sonda de Hall, axial	13610-01	1
4	BOBINAS DE INDUCCION, 1 JUEGO	11007-88	1
5	CONDUCTORES CIRCULARES, JUEGO	06404-00	1
6	Regla graduada, l = 1000mm	03001-00	1
7	Multímetro digital, 3 1/2-visualizado de caracteres	07122-00	1
8	Pie cónico expert	02004-00	2
9	Varilla de acero inoxidable, 18/8, 250 mm	02031-00	1
10	DISTRIBUIDOR	06024-00	1
11	Doble nuez	02054-00	1
12	Abrazadera	02014-00	2
13	Gato de laboratorio, 200 x 200 mm	02074-01	1
14	CLAVIJA DE REDUCCION 4/2,1 PAR	11620-27	1
15	Cable de conexión, 32 A, 500 mm, azul	07361-04	1
16	Cable de conexión, 32 A, 500 mm, rojo	07361-01	2
17	Pinza universal	37715-01	1

PHYWE



Montaje y ejecución

Montaje y ejecución

PHYWE

Prepara el experimento como se muestra en la Fig. 1. Haz funcionar la fuente de alimentación como una fuente de corriente constante, ajustando la tensión a 18 V y la corriente al valor deseado. Mide la intensidad del campo magnético de las bobinas ($I = 1 \text{ A}$) a lo largo del eje z con la sonda Hall y trace los resultados en un gráfico. Realiza las mediciones sólo en el centro de los conductores circulares ($I = 5 \text{ A}$). Para eliminar los campos de interferencia y la asimetría en el montaje experimental, enciende la corriente y mida el cambio relativo del campo. Invierte la corriente y mide de nuevo el cambio. El resultado viene dado por la media de los valores medidos.



Resultados

Tarea 1

En el centro del bucle ($z=0$) obtenemos

$$B(0) = \frac{\mu_0 n \cdot I}{2R} (8)$$

Utilizando la expresión $B = A_1 \cdot n^{E_1}$ y $B = A_2 \cdot R^{E_2}$

la línea de regresión para los valores medidos en la Fig. 3 dan, para el número de vueltas, los siguientes exponentes E y los errores estándar:

$E_1 = 0.96 \pm 0.04$ y, para el radio (ver ecuación (8))

$E_2 = -0.97 \pm 0.02$

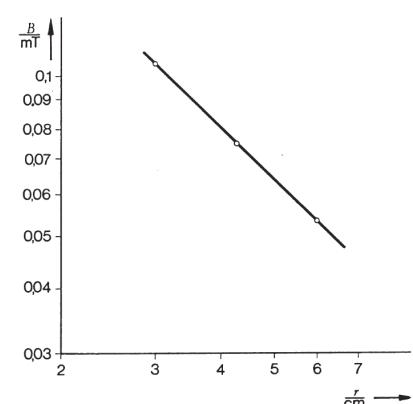


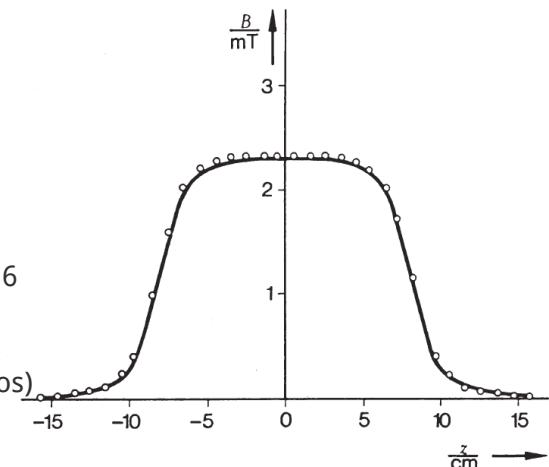
Fig. 3: Densidad de flujo magnético en el centro de una espira, en función del radio (corriente 5 A).

Tarea 2

Utilizando los valores medidos de la Fig. 3, y la ecuación (8), obtenemos el siguiente valor medio para la constante de campo magnético:

$$\mu_0 = (1.28 \pm 0.01) \times 10^{-6} \text{ H/m}$$

Fig. 4: Densidad de flujo magnético a lo largo del eje de una bobina de longitud $l = 162$ mm, radio $R = 16$ mm y $n = 300$ vueltas; valores medidos (círculos) y curva teórica (línea continua) de acuerdo con la ecuación (9).



Tarea 3 (1/3)

Para calcular la densidad de flujo magnético de una bobina uniformemente enrollada de longitud l y n vueltas, multiplicamos la densidad de flujo magnético de un bucle por la densidad de vueltas n/l e integrar sobre la longitud de la bobina.

$$B(z) = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot n}{2l} \cdot \left(\frac{a}{\sqrt{R^2 + a^2}} - \frac{b}{\sqrt{R^2 + b^2}} \right) \quad (9)$$

donde $a = z + l/2$ y $b = z - l/2$

La relación proporcional entre la densidad de flujo magnético B y el número de espiras n a longitud y radio constantes se muestra en la Fig. 5. El efecto de la longitud de la bobina a radio constante con la densidad de espiras n/l también constante, se muestra en la Fig. 6.

Comparación de los valores medidos con los calculados de la densidad de flujo en el centro de la bobina,

$$B(0) = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot n}{2l} \cdot \left(R^2 + \frac{l}{2} \right)^{-\frac{1}{2}} \text{ da los valores indicados en el cuadro 1.}$$

Tarea 3 (2/3)

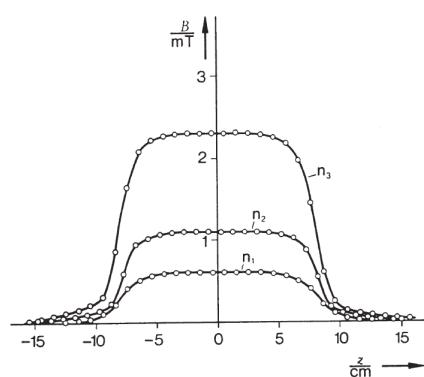


Fig. 5: Curva de densidad de flujo magnético (valores medidos) a lo largo del eje de la bobina de longitud $l = 160$ mm, radio $R = 13$ mm y número de espiras $n_1 = 75$, $n_2 = 150$ y $n_3 = 300$.

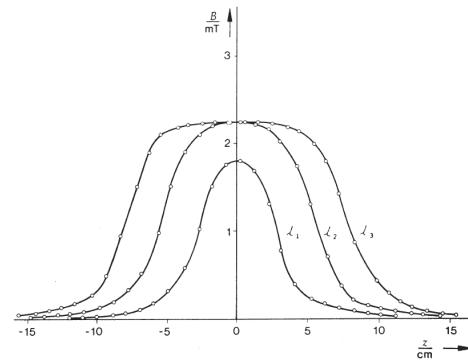


Fig. 6: Curva de la densidad de flujo magnético (valores medidos) para bobinas con una densidad constante de espiras n/l , bobinas de radio $R = 20$ mm, longitudes $l_1 = 53$ mm, $l_2 = 105$ mm y $l_3 = 160$ mm

Tarea 3 (3/3)

n	l [mm]	R [mm]	B(0) [mT] medida.	B(0) [mT] calc.
75	160	13	0.59	0.58
150	160	13	1.10	1.16
300	160	13	2.30	2.32
100	53	20	1.81	1.89
200	105	20	2.23	2.24
300	160	20	2.23	2.29
300	160	16	2.31	2.31

Tabla 1: Comparación de los valores medidos y calculados de la densidad de flujo.