

Campo Magnético

Campo creado por un Solenoide

1. OBJETIVOS

Determinar la relación longitud/radio de un solenoide para que pueda ser considerado como “infinito”.

Estudiar el comportamiento de las líneas del campo magnético en el interior de un solenoide.

2. MATERIAL

Teslámetro T100

Solenoide

Fuente de alimentación en continua hasta 5 A.

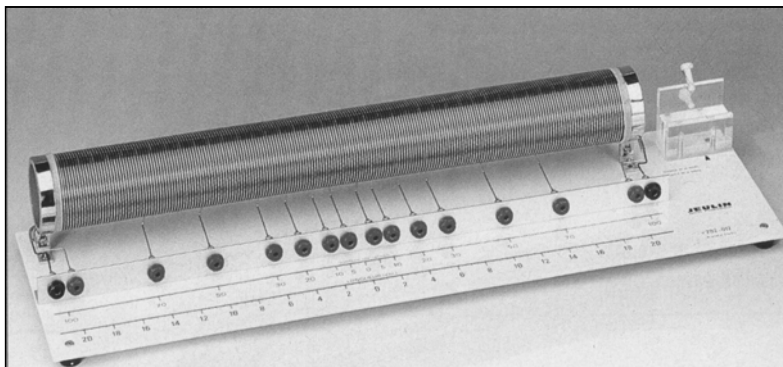
Reostato

Amperímetro hasta 5 A

3. FUNDAMENTO TEÓRICO

Descripción del solenoide de dos arrollamientos

El solenoide con el que se trabaja está compuesto por dos bobinados simultáneos sobre el mismo soporte cilíndrico; el primero, E1, de hilo de color cobrizo, al que corresponden los bornes negros de los extremos. El segundo, E2, es de hilo plateado al que corresponden los bornes rojos, que como se ve, tiene salidas intermedias.



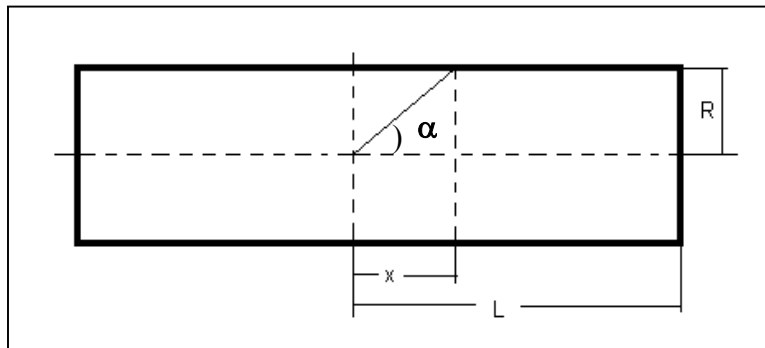
En la dirección del eje del tubo existe un soporte de metacrilato, con una guía adaptada para acoger el mango porta - sonda del teslámetro. Sobre el metacrilato hay una pequeña línea negra de referencia (que también aparece marcada en la base con

una punta de flecha); la coincidencia de esta marca con la escala que aparece marcada sobre el mango, proporciona la distancia de la sonda al centro del solenoide.

En la base del soporte del solenoide, una escala permite conocer el número de espiras comprendidas entre el borne de salida y el centro del solenoide (5, 10, etc). Además permite conocer la distancia en milímetros desde el borne al centro. Toda esta información se resume en la figura y las tablas siguientes:

Número de espiras	200
Diámetro del hilo	1 mm
Diámetro del tubo	49 mm
Longitud del solenoide	405 mm

Salida nº	x (mm)	Nº espiras	Cos θ
1	10.3	5	0.381
2	20.6	10	0.636
3	40.3	20	0.850
4	60.9	30	0.925
5	101.2	50	0.971
6	141.6	70	0.985
7	202.5	100	0.992



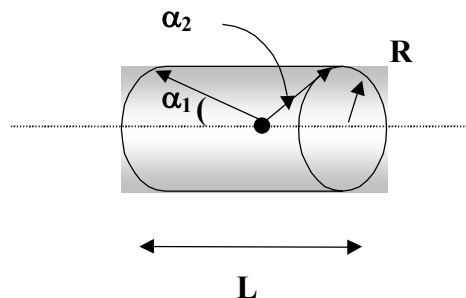
Campo magnético creado por un solenoide

El campo creado en un punto del eje principal de un solenoide viene dado por:

$$B_x = \frac{\mu_0 NI}{2L} [\cos(\alpha_1) + \cos(\alpha_2)]$$

$$\text{tg } \alpha_1 = \frac{R}{x_0}$$

$$\text{tg } \alpha_2 = \frac{R}{L - x_0}$$



Si $L \gg R$ y el punto de observación, x_0 , no está cerca de los extremos, se verifican las aproximaciones siguientes: $\alpha_1 \cong R / x_0$ y $\alpha_2 \cong R / (L-x_0)$, con lo que la expresión para el campo queda como:

$$B_x = \frac{\mu_0 N I}{L} = \mu_0 n I$$

que es estrictamente válida en el eje principal del solenoide y lejos de los extremos.

Si el punto de observación se sitúa en un extremo, entonces: $\alpha_1 = \pi / 2$ y $\alpha_2 = 0$ con lo cual:

$$B_x = \frac{\mu_0 N I}{2 L}$$

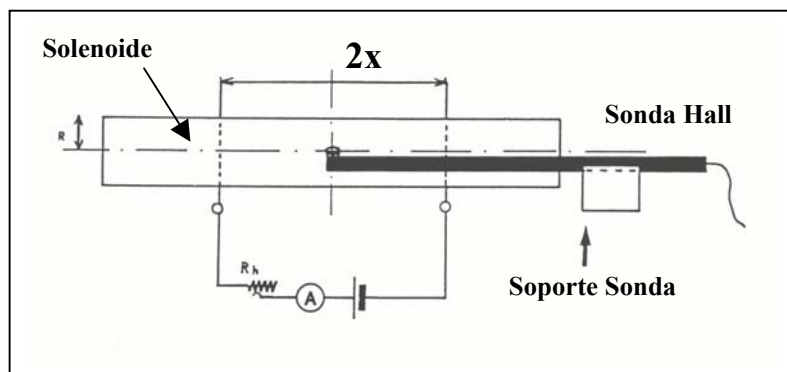
4. REALIZACIÓN PRÁCTICA

Montaje Experimental:

Fijar el porta-sonda en la guía e introducirlo en el interior del solenoide, de forma que quede en el centro del solenoide. Para ello, el cero de la graduación coincidirá con la marca de referencia en la guía.

Seleccionar la componente B_x en el teslámetro.

Montar la fuente de alimentación en serie con el reostato y un amperímetro (**en la escala de Amperios**), conforme al esquema.



PREACUCIÓN: Desconectar la fuente de alimentación siempre que se vaya a tocar el montaje

Parte 1. Determinación de L/R para un solenoide "infinito"

Se conectan los terminales del montaje de la fuente de alimentación entre los puntos simétricos más próximos entre sí, que son los de la salida 1 (5 vueltas) del solenoide.

Regular la intensidad de la fuente de alimentación a unos 3 A, variando la posición de la resistencia variable. Anotar este valor de la intensidad.

Tomar nota del valor $2x$ que corresponde a la longitud (en mm) de la parte de solenoide que se está alimentando.

- con la fuente desconectada, tomar nota del valor de B_x y de B_z , que serán los valores de referencia para esta medida.
- conectar la fuente y tomar nota de los valores de B_x y de B_z
- desconectar la fuente de alimentación

Conectar ahora la alimentación en la pareja de bornes siguientes simétricos en orden a los de la disposición anterior y realizar los mismos pasos de la sección anterior, hasta que se hayan recorrido las 7 posiciones simétricas del solenoide.

Notas

1) Ya que la resistencia eléctrica del solenoide depende del número de espiras que se alimenten, la intensidad de la corriente será diferente en cada cambio de posición de la alimentación (menor con 70 espiras que con 30, por ejemplo). Por lo tanto: Tras cada cambio de posición de la alimentación al solenoide, mover el cursor del reostato hasta que la intensidad sea similar al valor de partida (para 5 espiras). Hay que hacer notar que, debido a la sensibilidad del reostato, es casi imposible conseguir el mismo valor.

2) Para tener más garantías de una buena medida, antes de realizar cada paso, medir siempre el valor que indica B_x sin alimentación al solenoide. El valor adecuado del campo magnético generado por el solenoide será la diferencia entre el medido con alimentación y sin alimentar.

Los resultados de esta experiencia se anotarán en una tabla de valores similar a la siguiente:

$2x$ (mm)	$2x/R$	$\text{atan}(R/x)$	B_x	B_z
20.6	0.824	$67^\circ.6$		
...		

Elaboración de datos

Con los datos de la tabla anterior, realizar una gráfica que represente el valor de B_x (restando el valor de referencia) frente al cociente $2x/R$ (longitud/radio).

La gráfica debería mostrar un aspecto creciente hacia un valor asintótico.

- Calcular el valor aproximado del campo magnético B_x para el que se alcanza esta asíntota (tener en cuenta que el error con el que este teslámetro mide el valor del campo magnético es del orden del 2%). Llamaremos B_{lim} a este valor.
- Determinar el valor de $2x/R$ para el que se alcanza razonablemente el valor asintótico. Este valor longitud/radio será el que corresponde a un "solenoides infinito".
- Determinar el valor teórico de la componente B_x para el valor de intensidad con el que estamos trabajando y el número de espiras de todo el solenoide E2 y comprobar si se ajusta al valor B_{lim} obtenido, dentro del margen de error con el que estamos trabajando.
- Estudiar la componente B_z y justificar el comportamiento observado.

Parte 2. Observación de las líneas de campo magnético

Método

- Alimentar el arrollamiento E2 entre los bornes de 50 espiras (longitud aproximada 20 cm) con una intensidad de unos 3 Amperios (seguir detalladamente las instrucciones sobre el manejo de la fuente y mantenerla **desconectada** siempre que se esté manipulando el montaje).

Anotar el valor de la intensidad de trabajo y de la longitud de la parte de solenoide utilizado y su número de espiras correspondiente.

- Colocar la sonda Hall del teslámetro en el centro del solenoide (situada en la referencia 0), tal y como se ha hecho en el apartado A anterior.
- Medir y anotar las componentes B_x y B_z con la fuente apagada.
- Conectar la fuente. Medir y anotar los valores de B_x y B_z .

- Ir desplazando (extrayendo) la sonda de forma progresiva desde el centro del solenoide al borde, midiendo y anotando los valores de B_x y B_z correspondientes. Se irá desplazando 1 cm cada vez, hasta alcanzar los 18 cm, en cuyo caso ya estará la sonda fuera de la parte del solenoide alimentada.

Elaboración de datos

Si el valor de B_x para la última distancia registrada (por ejemplo, 18 cm) no es nulo y debería serlo prácticamente, restar este valor a todos los valores de B_x

- Construir la tabla correspondiente con los valores de x (cm), B_x y B_z .
- Representar los valores de B_x y de B_z (restando de sus valores de referencia) frente a la distancia de la sonda al centro del solenoide, en gráficas diferentes.

Observar como el vector campo magnético va mostrando una componente B_z cada vez mayor (y hacia arriba), según vamos saliendo del solenoide. Esto justifica que el campo está cambiando en su comportamiento.

- La teoría predice que el valor del campo magnético en el borde del solenoide es la mitad del valor que tiene en el centro. ¿Es cierto en este caso?. Justificarlo a partir de los valores obtenidos y del cálculo de errores.