

## PRÁCTICA 1: MONTAJE 1.

### CAMPOS MAGNÉTICOS CREADOS POR ESPIRAS CIRCULARES.

Hecho por:

PAOLA LÓPEZ CASTELO, ALEJANDRO JOSÉ FLORIDO TOMÉ Y AMELIA GÓMEZ BARCO

Grupo 1C

## 1. INTRODUCCIÓN

En esta práctica, por un lado, colocaremos una bobina a la que recorreremos con distintas intensidades para hallar el valor experimental de la permeabilidad magnética en el aire; y, por otro lado, tenemos dos bobinas colocadas en serie, tales que iremos creando con ellas un campo magnético, e iremos variando la intensidad entre ellas, y, después, manteniendo la intensidad constante, variaremos las distancias.

Nuestro objetivo será crear comprobar que, el campo creado por las dos espiras colocadas en paralelo nos tiene que dar el mismo campo que cada espira crea por separado.

Las bobinas se usan en la radio, transistores, el arranque de un automóvil, y en general para los dispositivos electrónicos.

## 2. ANÁLISIS DE VARIABLES.

Un diagrama de la práctica es la siguiente:

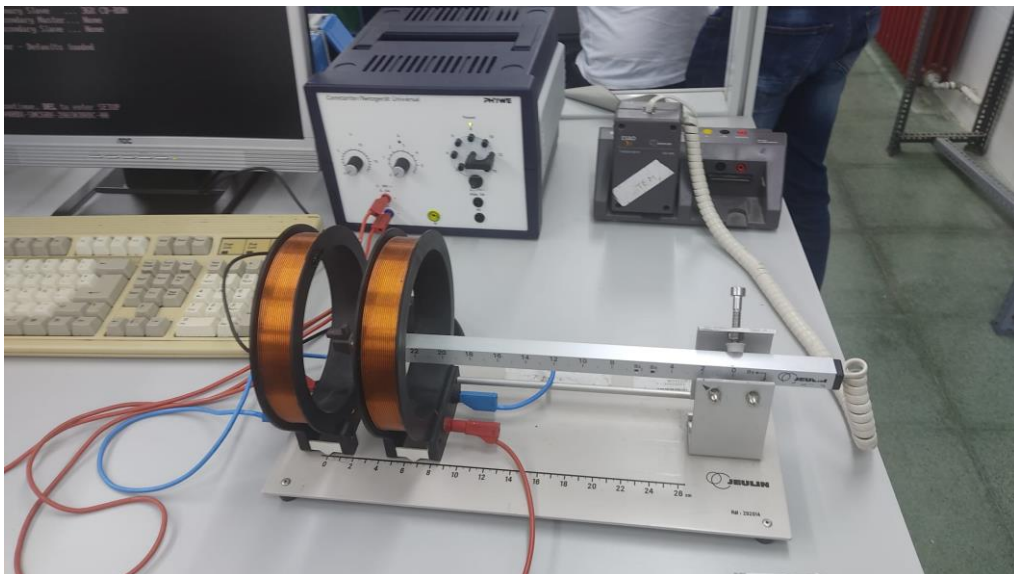


Imagen 1. Foto tomada del montaje experimental.

Como podemos observar, teníamos que conectar unos cables que nos conectan el teslámetro con las bobinas (tendrán un radio de  $6,5 \pm 0,1$  cm y  $95 \pm 1$  número de vueltas, que serán variables de control), para así crear un campo magnético (corresponderá en todos los casos que veremos a continuación con la variable dependiente) con la corriente que circulará en una dirección u otra según conectemos los cables.

Además, cómo tenemos una sonda colocada en una portasonda (iremos variando su posición, donde mediremos las distancias con un error de 1 mm gracias a un dispositivo externo, en específico un metro de medir), con la que mediremos el campo, y una plataforma con su propia regla (con un error de 1 mm) que nos servía para saber a qué distancia íbamos colocando las bobinas.

Lo primero que hicimos en primer lugar es colocar la sonda en el centro de una de las bobinas (la cual estará recorrida por una corriente, y la otra bobina la dejaremos desconectada), donde la mantendremos fija a una posición de  $0 \pm 1$  mm (respecto de la plataforma), y también a la sonda a  $0 \pm 1$  mm (respecto del portasondas). Estas dos distancias corresponderán con variables de control de esta parte. Con esto, tomaremos el campo magnético que la bobina genera (variable dependiente) al estar sometida a una corriente, que íbamos aumentando en 0,5 A partiendo desde 0 A hasta llegar a 4,5 A (variable independiente).

Durante toda la práctica, aplicábamos un valor de la intensidad con ayuda del teslámetro, pero, a la hora de medir la intensidad con un amperímetro de la bobina, medíamos un valor un poco diferente del aplicado (el cuál podríamos pensarlo como una variable dependiente), y será dicho valor experimental el que tendremos en cuenta a la hora de realizar los cálculos necesarios en el apartado de resultados.

Cabe destacar que medimos un valor residual del campo magnético, ya que, cuando la corriente era nula, anotábamos un valor de  $B(I = 0) = 1,18 \pm 0,01$  mT para todas las distancias de la sonda, así que será un factor a tener en cuenta en las mediciones posteriores ya que le tendremos que ir restando dicho valor mencionado (será una variable de control presente en toda la práctica). Y, en toda ella, aplicaremos 5 voltios (variable de control).

Además, el ordenador que nos daban recogía los valores de las componentes radiales y axiales del campo magnético, y pudimos apreciar experimentalmente que la componente radial se cancelaba en todo momento. Esto se puede ver teóricamente con ayuda de la siguiente figura:

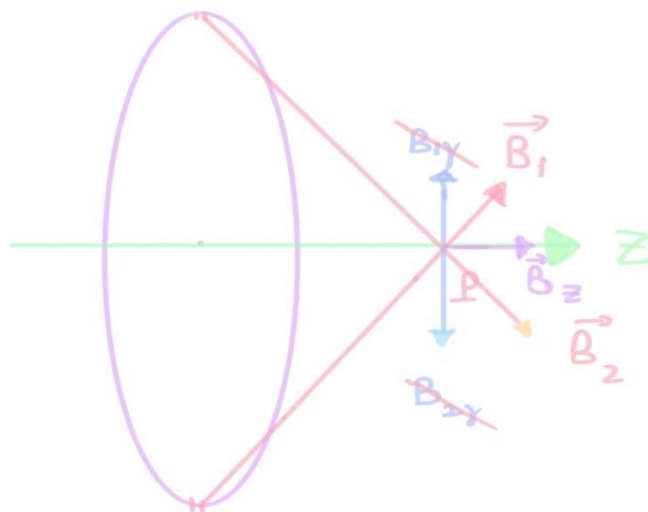


Imagen 1. Representación del campo creado por una espira en un punto de su eje.

Donde, al tomar un diferencial de corriente y su simétrico en la bobina, se anulaban sus componentes radiales y sólo queda la axial del campo magnético (esto es así también gracias a que estamos midiendo el campo en todo momento en el eje de la bobina), que hemos tomado que vaya en la dirección del eje z (en función de en que sentido girase la intensidad en la bobina, el campo irá en la dirección positiva o negativa del eje z, pero el razonamiento anterior es válido para ambos casos).

Esto también servirá para la siguiente parte y, por ello, sólo tomaremos el campo axial.

En la segunda parte de la práctica, la podremos dividir en dos partes:

Para una de las partes, manteníamos o la bobina fija a  $0,0 \pm 0,1$  cm o la móvil a  $6,5 \pm 0,1$  cm y, cuando una de ellas estaba sometida a una corriente constante de  $3,0 \pm 0,5$  A (variable de control), tomábamos, para cada posición de la onda (variable independiente) un valor del campo (variable dependiente).

Para la otra parte, poníamos las bobinas en serie y conectábamos a ambas a una corriente constante de  $3,0 \pm 0,5$  A (variable de control), y, al igual que antes, para distintas posiciones de la sonda (variable independiente), tomábamos un valor del campo (variable dependiente).

### 3. RESULTADOS.

#### 3.1. CÁLCULO DE $\mu_0$

Tal y como hemos explicado en el apartado anterior, comencemos exponiendo los valores del campo magnético B tomado para la bobina fija a una distancia de  $0 \pm 0$  mm respecto de la plataforma al aplicarle distintas intensidades I con el teslámetro (representaremos los valores aplicados y los que medimos con el amperímetro en la bobina).

Con esto lo que conseguiremos es la capacidad de representar el campo magnético frente a la intensidad experimental, donde la ecuación que seguirá será (la escribiremos en módulo ya que trabajaremos en todo momento en una dimensión, en la del eje z):

$$B = \frac{\mu_0 n R^2}{2[R^2 + (z - z_0)^2]^{3/2}} I \quad (1)$$

Donde  $n = 95 \pm 1$  será el número de vueltas,  $R = 0,065 \pm 0,001$  m el radio de la bobina, z la posición a la que tendremos la sonda, que en este caso será  $z = 0 \pm 0$  mm (la colocaremos en el centro de la bobina), y  $z_0 = 0 \pm 0$  mm la posición de la bobina fija.

Es decir, que, en este caso:

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

Tendremos en cuenta directamente que el valor residual del campo magnético es de  $1,18 \pm 0,01$  mT, para que así, a la hora de representar, tengamos una regresión lineal que pase por el origen (no importaría mucho ya que, para calcular  $\mu_0$ , sólo tiene dependencia con la pendiente de la ecuación (1)). Es decir, que restaremos a los valores del campo tomados dicho valor.

Así que, recopilando en una misma tabla los valores experimentales:

I (teslámetro) $\pm 0,5$ A	I (amperímetro) $\pm 0,01$ A	B $\pm 0,015$ mT
0,0	0,04	0,000
0,5	0,59	0,480
1,0	1,01	0,880

1,5	1,39	1,240
2,0	1,86	1,680
2,5	2,32	2,080
3,0	2,87	2,600
3,5	3,37	3,040
4,0	3,75	3,360
4,5	4,27	3,840

Tabla 1. Valores experimentales del campo (restándole el valor del campo residual de  $1,18 \pm 0,01$  mT) y de la intensidad.

Si representamos el campo frente a la intensidad del amperímetro:

Gráfica 1. Regresión lineal del campo frente a la intensidad.

Donde la pendiente tiene un valor de  $m = 0,910 \pm 0,004$  mT/A, y que, según la ecuación (2), corresponderá con  $m = \frac{\mu_0 n}{2R}$ . Por tanto, por igualación, obtendremos:

$$\mu_0 = \frac{2mR}{n} = 1,24526 \cdot 10^{-6} \pm \frac{T}{A}$$

### 3.2. SUPERPOSICIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS. BOBINAS DE HELMHOLTZ.

Ahora, lo que vamos a representar en una misma tabla, son los campos producidos por una bobina fija a  $0 \pm 0$  mm, otro por otra bobina móvil a  $6,5 \pm 0,1$  cm y a  $13,0 \pm 0,1$  cm, para cada distancia de la sonda z, y donde aplicábamos una intensidad de  $3,0 \pm 0,5$  A con el teslámetro:

z $\pm 0,1$ cm	$B_f \pm 0,01$ mT (Bobina fija a $0 \pm 0$ mm) (I= $2,94 \pm 0,01$ A)	$B_{m6,5} \pm 0,01$ mT (Bobina móvil a $6,5 \pm 0,1$ cm) (I= $2,89 \pm 0,01$ A)	$B_{m13} \pm 0,01$ mT (Bobina fija a $13,0 \pm 0,1$ cm) (I= $2,91 \pm 0,01$ A)
0,0	2,72	1,04	0,32
1,0	2,66	1,28	0,40
2,0	2,36	1,56	0,48
3,0	2,04	1,92	0,56
4,0	1,72	2,24	0,72
5,0	1,38	2,60	0,84
6,0	1,12	2,70	1,04
7,0	0,88	2,70	1,28
8,0	0,72	2,58	1,60
9,0	0,56	2,24	1,96
10,0	0,48	1,84	2,32
11,0	0,40	1,52	2,56
12,0	0,32	1,24	2,72
13,0	0,32	1,04	2,72
14,0	0,24	0,84	2,54
15,0	0,24	0,68	2,24
16,0	0,20	0,56	1,92
17,0	0,36	0,48	1,60
18,0	0,32	0,40	1,28
19,0	0,32	0,36	1,04
20,0	0,32	0,32	0,84

21,0	0,32	0,28	0,72
22,0	0,32	0,24	0,56
23,0	0,32	0,20	0,48
24,0	0,32	0,20	0,44
25,0	0,32	0,20	0,36
26,0	0,32	0,20	0,32

Tabla 2. Valores de los campos producidos por cada bobina por separado (columnas 2, 3 y 4).

A continuación, representemos el campo creado por ambas bobinas (la fija a  $0 \pm 0$  mm y la móvil a  $6,5 \pm 0,1$  cm y a  $13,0 \pm 0,1$  cm) tomado del laboratorio directamente, junto a la suma de los campos producidos por la bobina fija más los de la bobina móvil para cada posición (es decir, representaremos la suma de las columnas 2 más 3 y 2 más 4 de la tabla 2):

$z \pm 0,1$ cm	$B_{fm6,5}$ ( $\pm 0,01$ ) mT ( $I=2,89 \pm 0,01$ A)	$B_{fm13}$ ( $\pm 0,01$ ) mT ( $I=2,83 \pm 0,01$ A)	$B_f+B_{m6,5}$ ( $\pm 0,015$ ) mT	$B_f+B_{m13}$ ( $\pm 0,015$ ) mT
0,0	3,68	2,96	3,760	3,040
1,0	3,84	2,88	3,940	3,060
2,0	3,94	2,72	3,920	2,840
3,0	3,94	2,52	3,960	2,600
4,0	3,94	2,32	3,960	2,440
5,0	3,94	2,12	3,980	2,220
6,0	3,76	2,04	3,820	2,160
7,0	3,52	2,04	3,580	2,160
8,0	3,20	2,16	3,300	2,320
9,0	2,76	2,32	2,800	2,520
10,0	2,32	2,56	2,320	2,800
11,0	1,92	2,80	1,920	2,960
12,0	1,52	2,96	1,560	3,040
13,0	1,24	2,96	1,360	3,040
14,0	1,04	2,80	1,080	2,780
15,0	0,84	2,56	0,920	2,480
16,0	0,72	2,24	0,760	2,120
17,0	0,56	1,84	0,840	1,960
18,0	0,48	1,56	0,720	1,600
19,0	0,44	1,28	0,680	1,360
20,0	0,40	1,08	0,640	1,160
21,0	0,32	0,88	0,600	1,040
22,0	0,32	0,76	0,560	0,880
23,0	0,32	0,64	0,520	0,800
24,0	0,24	0,56	0,520	0,760
25,0	0,24	0,48	0,520	0,680
26,0	0,24	0,40	0,520	0,640

Tabla 3. Valores de la superposición de campos magnéticos creados por las espiras al sumarlas con los datos de la tabla 2 y al medirlas directamente en el laboratorio.

Con todo esto, vamos a representar todos los campos magnéticos de la tabla 3 frente a la distancia de la sonda:

Gráfica 4.

Lo que podemos observar es que, el campo entre las bobinas en el caso en el que la móvil se encuentra a  $6,5 \pm 0,1$  cm es más o menos constante (sus valores se pueden apreciar en las celdas de color gris de la tabla 3); mientras que el campo alcanza un mínimo entre ellas en el caso en el que la móvil se encuentra a  $13,0 \pm 0,1$  cm, tal que dicho mínimo se encuentra a una distancia entre  $6,0 \pm 0,1$  cm y  $7,0 \pm 0,1$  cm (celdas verdes de la tabla 3).

#### 4. CONCLUSIÓN.

Analicemos todo lo que hemos llegado a obtener en esta práctica.

En primer lugar, hemos obtenido el siguiente valor experimental de la permeabilidad magnética del aire (en este medio, coincide con la permeabilidad magnética del vacío debido a que el aire es un medio óptico):

$$\mu_0 = 1,24526 \cdot 10^{-6} \pm \frac{T m}{A}$$

Mientras que el valor teórico es:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T m}{A} = 1,25663 \cdot 10^{-6} \frac{T m}{A}$$

COMENTAR SI CON EL ERROR SE PARECE, TAMBIÉN QUE ES MUY PARECIDO, Y QUE EFECTIVAMENTE TENÍAMOS QUE TOMAR INTENSIDAD DEL AMPERÍMETRO Y NO DEL TESLÁMETRO POR LO DEL ANEXO, QUE LA PERMEABILIDAD NO SALE CON EL MISMO VALOR Y TIENE UN ERROR MUY GRANDE.

#### 5. ANEXOS.

Vamos a calcular el valor de la permeabilidad magnética del aire si, en vez de representar el campo frente a la intensidad del amperímetro, lo representamos frente a la intensidad del teslámetro que aplicábamos (usaremos los datos de la tabla 1):

Gráfica 5.

Cuyo valor de la pendiente es  $m' = \pm \frac{mT}{A} = \frac{\mu_0 n}{2R}$ . Despejando nuestra incógnita:

$$\mu_0 = (1,116108 \pm) \cdot 10^{-6} \frac{T m}{A}$$