

CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR DOS BOBINAS PARALELAS (BOBINAS HELMHOLTZ)

OBJETIVOS

Determinar experimentalmente el campo magnético creado por dos bobinas paralelas variando la distancia que las separa y comparar los resultados experimentales obtenidos con la predicción teórica.

Determinar, para una distancia entre bobinas fija, la permeabilidad magnética del vacío mediante un ajuste por mínimos cuadrados.

INTRODUCCIÓN:

El campo magnético producido por dos bobinas paralelas (bobinas Helmholtz) en un punto situado en el eje de las mismas puede ser calculado mediante la siguiente expresión:

$$B = \frac{\mu_0 IN}{2R} \left[\frac{1}{\left(1 + \left(\frac{z - a/2}{R}\right)^2\right)^{3/2}} + \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{z + a/2}{R}\right)^2\right)^{3/2}} \right]$$

$\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ (Permeabilidad magnética del vacío)

$R = 0.20$ m (Radio de las bobinas)

a = distancia entre bobinas

I = intensidad que pasa por las bobinas (Importante: no sobrepasar 4 amperios)

N = número de espiras = 154

z = distancia desde el punto medio del segmento que une los centros de las bobinas a un punto cualquiera del eje de las mismas.

MONTAJE EXPERIMENTAL

El material necesario para el desarrollo de esta práctica es:

- Dos bobinas
- Fuente de alimentación que proporciona corriente a las bobinas
- Amperímetro para medir la intensidad de corriente que pasa por las bobinas
- Teslámetro provisto de sonda Hall axial para la medida del campo magnético
- Metro rígido fijado a la mesa del laboratorio

Estos dispositivos se disponen para la realización de la práctica tal y como indica la siguiente figura



PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para la primera parte de la práctica, situar en primer lugar las dos bobinas a una distancia entre ellas “ a ” igual a su radio “ R ”. Encender la fuente de alimentación y suministrar a las bobinas una corriente de intensidad inferior a 3 amperios. Colocar la sonda en el eje de simetría de las bobinas, con su extremo en el punto medio del segmento que une sus centros ($z=0$, para determinarlo haremos uso de un hilo) y medir el campo. Desplazar la sonda a lo largo del eje de las bobinas perpendicularmente y medir el campo para la nueva distancia. Así sucesivamente hasta obtener unos 40 - 50 puntos experimentales. Para tomar las medidas, comprueba en primer lugar hasta que distancia se aprecia campo magnético generado por las bobinas y distribuye los puntos que tomes a lo largo de ese rango. No lo hagas de forma homogénea. Toma más puntos en las proximidades de las bobinas y, conforme te alejes, tómalos más espaciados. Repetir el experimento para $a = R/2$ y $a = 2R$.

Para cada una de las distancias entre bobinas realizaremos la comparación entre las medidas realizadas y la curva teórica de B que se puede calcular en cada caso

mediante la ecuación indicada en la introducción de este guión, tal y como esquematiza la siguiente figura:

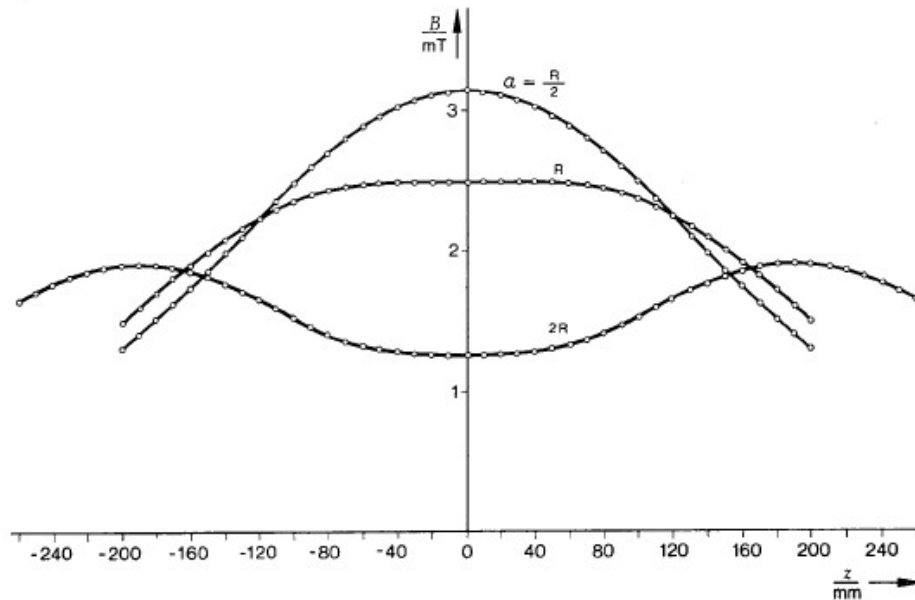


Figura 2

Además, se debe determinar para cada uno de los tres casos la desviación cuadrática media de las medidas experimentales realizadas a partir de la siguiente expresión

$$s = \frac{1}{N} \left(\sum (B_{\text{exp}} - B_{\text{teórico}})^2 \right)^{1/2}$$

Tablas de datos:

Tabla 1: Separación entre bobinas a=R (Intensidad que circula por las bobinas I=2.55 ± 0.01 A)

medida	z (mm)	B _{exp} (mT)
1	145	1.46
2	135	1.50
3	125	1.55
4	119	1.58
5	105	1.62
6	95	1.66
7	85	1.68
8	75	1.70
9	65	1.71
10	55	1.70

11	45	1.71
12	35	1.71
13	25	1.70
14	15	1.71
15	5	1.70
16	0	1.70
17	-10	1.69
18	-20	1.69
19	-30	1.69
20	-40	1.68
21	-50	1.68
22	-60	1.67
23	-70	1.66
24	-80	1.64
25	-90	1.62
26	-100	1.60
27	-110	1.55
28	-120	1.51
29	-130	1.45
30	-140	1.40
31	-150	1.34
32	-160	1.28
33	-170	1.21
34	-180	1.14
35	-190	1.07
36	-200	1.01
37	-210	0.95
38	-220	0.89
39	-230	0.82
40	-240	0.77
41	-250	0.67
42	-260	0.62
43	-270	0.57
44	-280	0.52
45	-290	0.48
46	-300	0.45
47	-310	0.42
48	-320	0.39
49	-330	0.37
50	-340	0.34

Tabla 2: Separación entre bobinas $a=R/2$ (Intensidad que circula por las bobinas $I=2.55 \pm 0.01$ A)

medida	z (mm)	B_{exp} (mT)
1	175	1.10
2	165	1.18
3	155	1.25

4	145	1.34
5	135	1.43
6	125	1.51
7	115	1.60
8	105	1.68
9	95	1.77
10	85	1.85
11	75	1.92
12	65	2.00
13	55	2.05
14	45	2.08
15	35	2.13
16	25	2.16
17	15	2.17
18	5	2.17
19	0	2.17
20	-10	2.16
21	-20	2.13
22	-30	2.10
23	-40	2.05
24	-50	2.00
25	-60	1.94
26	-70	1.86
27	-80	1.78
28	-90	1.69
29	-100	1.62
30	-110	1.54
31	-120	1.45
32	-130	1.36
33	-140	1.27
34	-150	1.20
35	-160	1.11
36	-170	1.04
37	-180	0.96
38	-190	0.90
39	-200	0.83
40	-210	0.76
41	-220	0.71
42	-230	0.66
43	-240	0.61
44	-250	0.56
45	-260	0.52
46	-270	0.49
47	-280	0.45
48	-290	0.42
49	-300	0.40
50	-310	0.38

Tabla 3: Separación entre bobinas $a=2R$ (Intensidad que circula por las bobinas $I=2.55 \pm 0.01$ A)

medida	z (mm)	B_{exp} (mT)
1	35	0.85
2	25	0.85
3	15	0.84
4	5	0.83
5	0	0.83
6	-10	0.83
7	-20	0.83
8	-30	0.84
9	-40	0.85
10	-50	0.87
11	-60	0.89
12	-70	0.91
13	-80	0.93
14	-90	0.96
15	-100	1.00
16	-110	1.04
17	-120	1.08
18	-130	1.12
19	-140	1.15
20	-150	1.19
21	-160	1.21
22	-170	1.26
23	-180	1.27
24	-190	1.28
25	-200	1.28
26	-210	1.25
27	-220	1.23
28	-230	1.19
29	-240	1.16
30	-250	1.11
31	-260	1.07
32	-270	1.02
33	-280	0.97
34	-290	0.91
35	-300	0.86
36	-310	0.80
37	-320	0.75
38	-330	0.70
39	-340	0.65
40	-350	0.59
41	-360	0.56
42	-370	0.52
43	-380	0.48
44	-390	0.45
45	-400	0.42

46	-410	0.38
47	-420	0.36
48	-430	0.33
49	-440	0.30
50	-450	0.28

Notas:

Incertidumbre instrumental en la medida de distancias: 1 mm

Incertidumbre instrumental en la medida del campo magnético: 0.01 mT

Tal y como está diseñado el dispositivo experimental no se pueden hacer las mismas medidas a ambos lados de las bobinas por lo que cuando hagáis las representaciones veréis que hay más medidas hacia un lado que hacia el otro.

Taréas:

Calcula el campo magnético teórico.

Representa el campo magnético experimental y el teórico en la misma gráfica para cada una de las configuraciones experimentales.

Calcula la desviación cuadrática media en cada caso.

Comenta brevemente los resultados

En la segunda parte de la práctica colocaremos de nuevo las bobinas a una distancia igual a su radio **R**. Situando el extremo de la sonda en el punto medio del segmento que une el centro de las bobinas ($z=0$), variaremos la intensidad y tomaremos medidas del campo magnético. Con al menos 10-15 puntos experimentales realizar un ajuste por mínimos cuadrados a la ecuación de la introducción y determinar la permeabilidad magnética del vacío, μ_0 , comparándola con su valor teórico. Repetir con $a=2R$ y $a=R/2$.

Tablas de datos:

Tabla 4: Campo magnético frente a intensidad de corriente ($a=R$)

medida	I (A)	B_{exp} (mT)
1	0.22	0.13
2	0.49	0.31
3	0.72	0.46
4	0.95	0.61
5	1.12	0.73

6	1.36	0.89
7	1.58	1.03
8	1.77	1.15
9	1.95	1.28
10	2.16	1.42
11	2.39	1.57
12	2.62	1.72
13	2.72	1.80
14	2.92	1.93
15	3.16	2.08
16	3.37	2.22
17	3.61	2.38
18	3.74	2.45

Tabla 5: Campo magnético frente a intensidad de corriente ($a=R/2$)

medida	I (A)	B _{exp} (mT)
1	0.15	0.11
2	0.34	0.27
3	0.66	0.55
4	0.94	0.78
5	1.19	0.99
6	1.39	1.16
7	1.62	1.34
8	1.8	1.51
9	1.99	1.66
10	2.16	1.82
11	2.34	1.96
12	2.56	2.15
13	2.75	2.32
14	2.95	2.49
15	3.19	2.69
16	3.42	2.89
17	3.59	3.04
18	3.74	3.17

Tabla 6: Campo magnético frente a intensidad de corriente ($a=2R$)

medida	I (A)	B _{exp} (mT)
1	0.28	0.07
2	0.49	0.14
3	0.72	0.22
4	0.98	0.31
5	1.18	0.38
6	1.37	0.44
7	1.59	0.52
8	1.81	0.59
9	2.01	0.65
10	2.23	0.74

11	2.48	0.80
12	2.62	0.85
13	2.77	0.90
14	2.95	0.97
15	3.23	1.05
16	3.47	1.14
17	3.65	1.21
18	3.74	1.23

Tareas:

Representar gráficamente el campo magnético frente a la intensidad de corriente que circula por las bobinas.

Realizar los ajustes por mínimos cuadrados correspondientes y calcular μ_0 con su correspondiente incertidumbre. Comparar con el valor teórico.