

## Medición del campo magnético en conductores rectilíneos y espiras conductoras circulares

### Objetivos del experimento

- Medición del campo magnético en un conductor rectilíneo y en espiras conductoras circulares en función de la intensidad de corriente.
- Medición del campo magnético en un conductor rectilíneo en función de la distancia al eje del conductor
- Medición del campo magnético en espiras conductoras en función del radio de la espira y de la distancia al eje central.

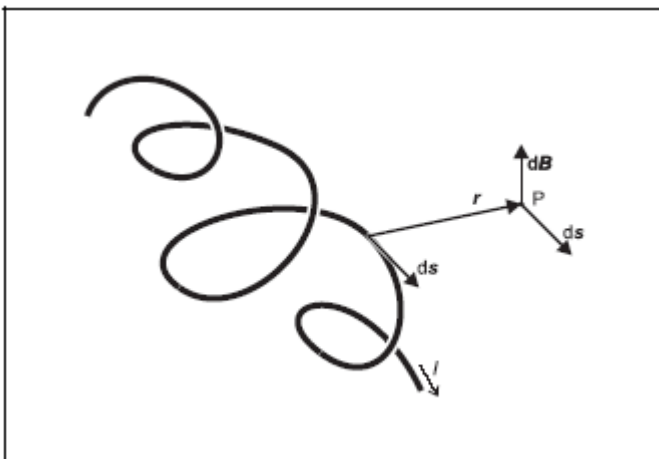
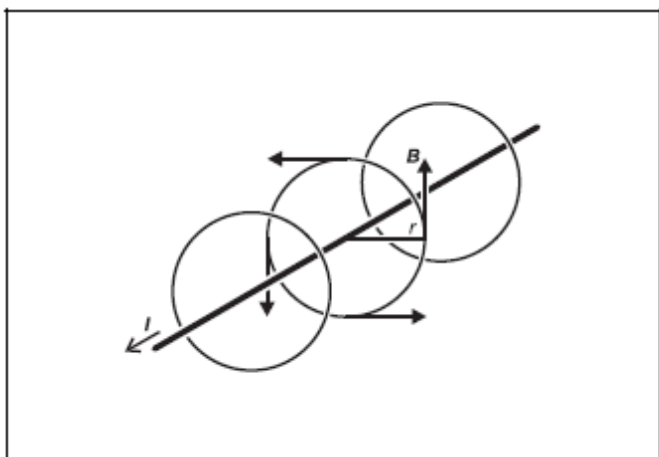


Fig. 1 Cálculo del campo magnético en un conductor atravesado por una corriente mediante una integral a lo largo del mismo

Fig. 2 Campo magnético en un alambre de longitud infinita



### Fundamentos

La inducción magnética  $B$  en un cierto conductor atravesado por la corriente  $I$  en un punto  $P$  se compone, según la ley de Biot-Savart, de los aportes diferenciales

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{r^2} \cdot ds \times \frac{r}{r} \quad (I)$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}; \quad \text{permeabilidad magnética del vacío}$$

de cada porción diferencial de conductor; su dirección y sentido se describen mediante el vector  $ds$ . El vector  $r$  es el vector posición de la porción de conductor que va hasta el punto  $P$  (ver figura 1).

El cálculo de la inducción magnética total supone, entonces, la solución de una integral. Las soluciones analíticas son sólo posibles para conductores con una determinada simetría. De esta manera, la inducción magnética para un alambre de longitud infinita a distancia  $r$  del eje es

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot \frac{2}{r} \quad (II)$$

y las líneas de campo son concéntricas con el eje del cilindro (ver figura 2). La inducción magnética de una espira conductora circular de radio  $R$  a una distancia  $x$  medida sobre un eje que pasa por el centro de la espira es

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

**Equipo**

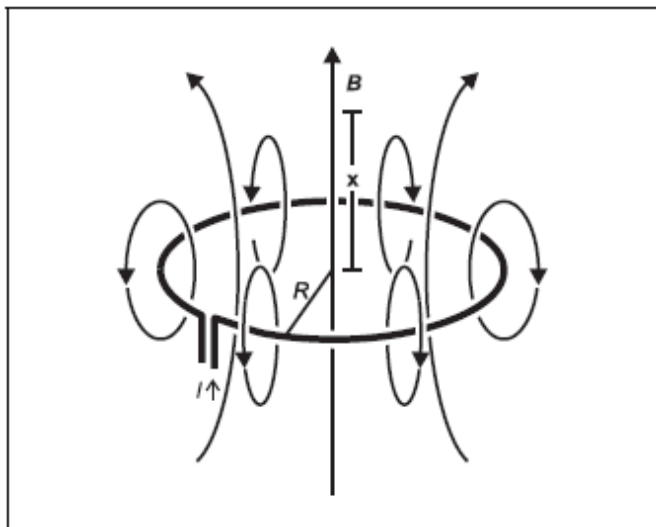
1 juego de cuatro conductores .....	516 235
1 teslámetro .....	516 62
1 sonda axial B .....	516 61
1 sonda tangencial B .....	516 60
1 cable de 6 polos .....	501 16
1 fuente de alimentación de alta corriente .....	521 55
1 banco óptico pequeño .....	460 43
1 soporte .....	460 21
2 manguitos Leybold .....	301 01
1 base de soporte grande en forma de V ..	300 01
1 juego de seis juntas .....	501 644

cables,  $\varnothing$  2,5 mm<sup>2</sup>

Sus líneas de campo corren paralelas al eje (ver figura 3).

En el experimento se mide la inducción magnética del conductor mencionado con una sonda axial o una tangencial B. Sus delgados sensores planos de efecto Hall son sensibles verticalmente a su superficie, esto es, no sólo se puede determinar la intensidad de la inducción magnética sino también su dirección. Se verifica, en un conductor rectilíneo, la dependencia de la inducción magnética  $B$  con la distancia  $r$  y, en las espiras circulares, la dependencia del radio  $R$  y de la coordenada espacial  $x$ . En sendos conductores se verifica la proporcionalidad entre la inducción magnética  $B$  y la intensidad de corriente  $I$ .

Fig. 3 Campo magnético de una espira conductora circular

**Montaje y desarrollo****a) Campo magnético en un conductor rectilíneo:**

El montaje del experimento se muestra en la figura 4.

- Ubicar el pequeño banco óptico sobre la base de soporte y disponerlo horizontalmente.
- Montar el soporte **(a)** con el manguito Leybold.
- Ubicar el soporte para el conductor rectilíneo **(b<sub>1</sub>)**, sujetar el conductor rectilíneo y conectarlo a la fuente de alta corriente.
- Conectar la sonda axial B al teslámetro y realizar su ajuste a cero (ver instrucciones del teslámetro).
- Luego montar la sonda tangencial B en el manguito Leybold (canto izquierdo del manguito sobre la marca de 50,0 cm de la escala) y disponerla de costado, por encima, sobre el centro del conductor rectilíneo.
- Llevar el conductor rectilíneo hacia el sensor de efecto Hall **(c<sub>1</sub>)** hasta dejarlo casi pegado a él (distancia  $s = 0$ ).
- Aumentar la corriente  $I$  de 0 a 20 A en intervalos de 2 A, medir la inducción magnética  $B$  y anotar los valores.
- Con  $I = 20$  A desplazar la sonda B por pasos a la derecha, medir la inducción  $B$  en función de la distancia  $s$  y anotar los valores.

**b) Campo magnético en espiras conductoras circulares:**

El montaje del experimento se muestra en la figura 5.

- Cambiar el soporte para el conductor rectilíneo por un adaptador para espiras conductoras **(b<sub>2</sub>)** y alzar 40 mm la espira conductora.
- Conectar los cables en los casquillos del soporte **(a)** a fin de alimentar la espira con corriente.
- Conectar la sonda axial B al teslámetro y realizar su ajuste a cero (ver instrucciones del teslámetro).
- Luego montar la sonda axial B en el manguito Leybold (canto izquierdo del manguito sobre la marca de 70,0 cm de la escala) y disponerla sobre el centro de la espira conductora.
- Alinear lo más exactamente posible la espira conductora con el sensor de efecto Hall **(c<sub>2</sub>)**.
- Aumentar la corriente  $I$  de 0 a 20 A en intervalos de 2 A, medir la inducción magnética  $B$  y anotar los valores.
- Con  $I = 20$  A desplazar la sonda B por pasos a la derecha y a la izquierda, medir la inducción  $B$  en función de la coordenada espacial  $x$ , y anotar los valores.
- Cambiar la espira de 40 mm por la de 80 mm y luego por la de 120 mm midiendo siempre la inducción magnética en función de la coordenada espacial  $x$ .

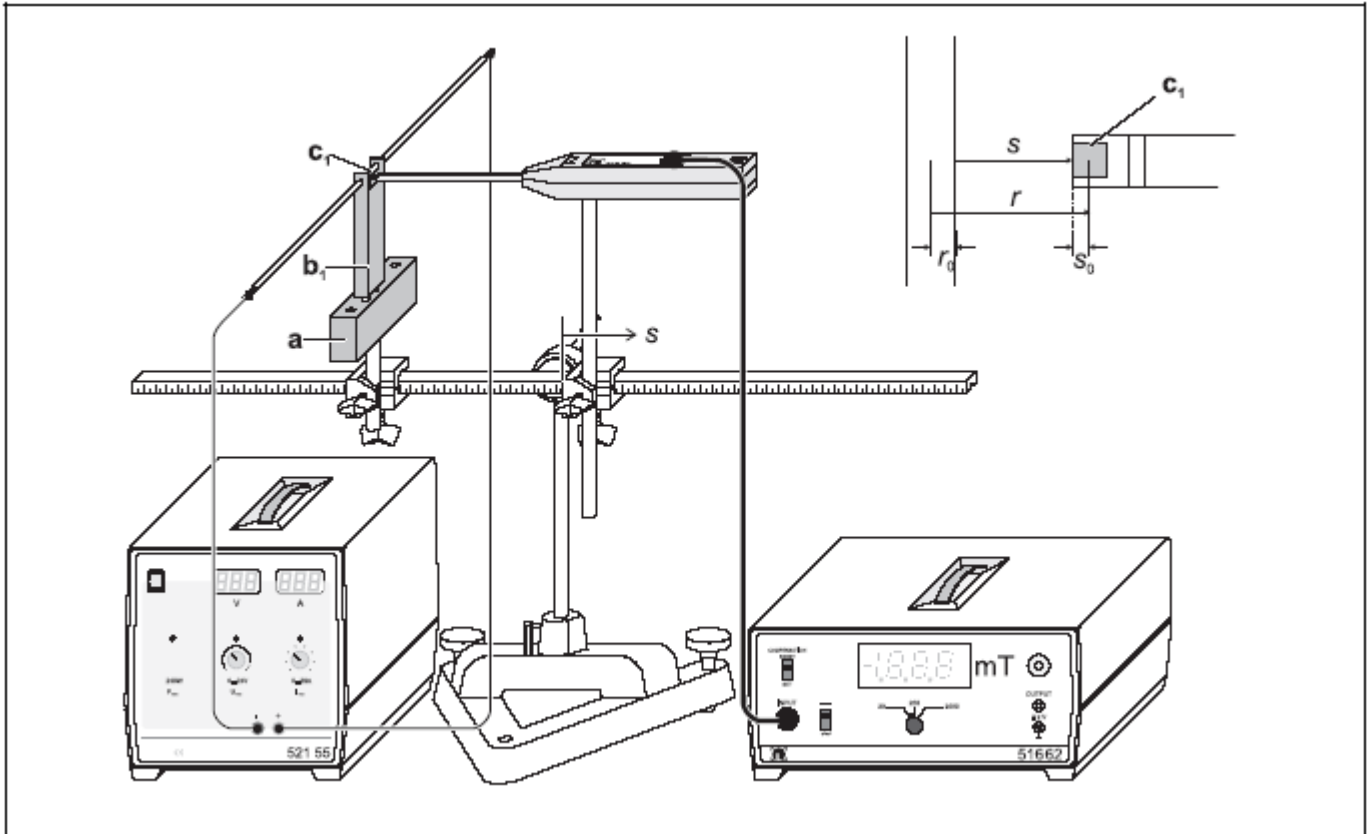
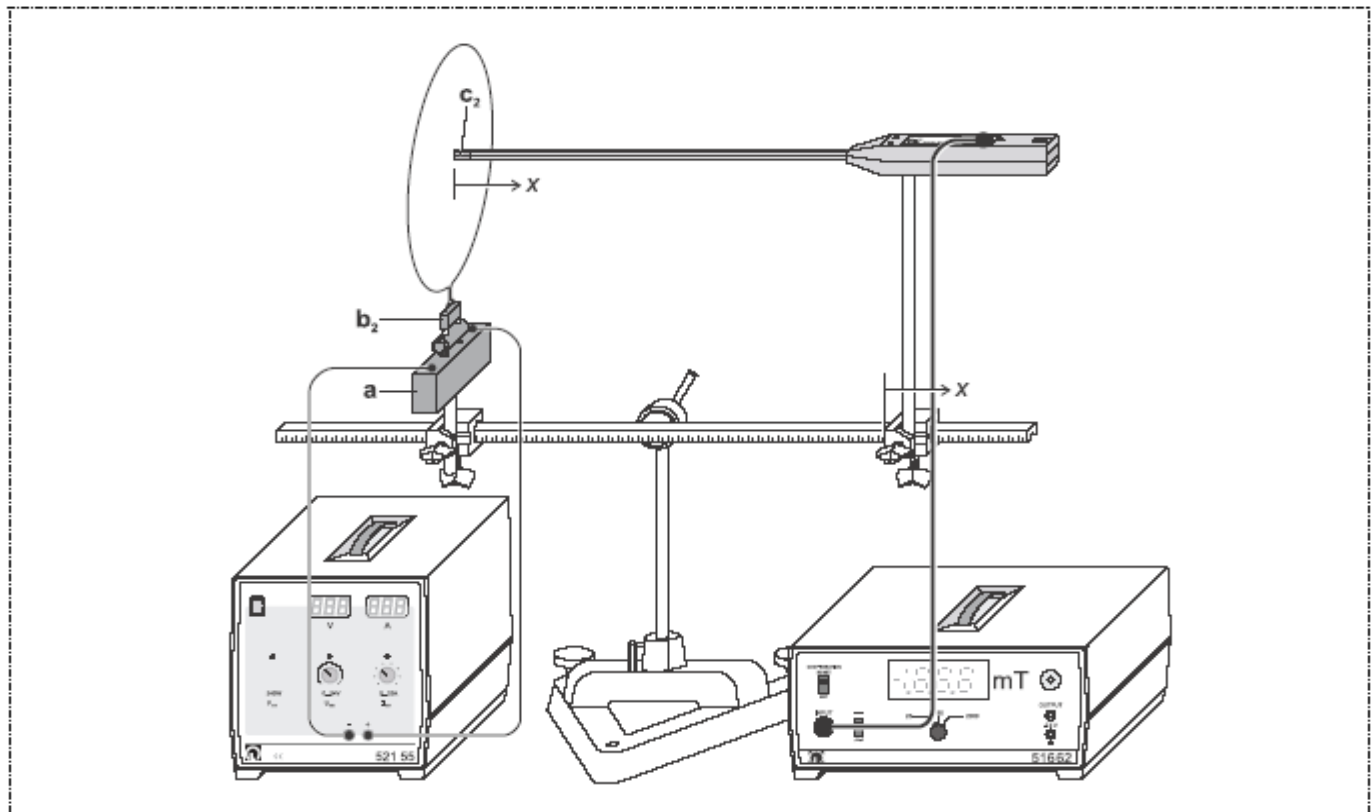


Fig. 4 Montaje del experimento para medir el campo magnético en un conductor rectilíneo

Fig. 5 Montaje del experimento para medir el campo magnético en espiras conductoras circulares



**Ejemplo de medición****a) Campo magnético en un conductor rectilíneo:**

Tabla 1: Inducción magnética  $B$  del conductor rectilíneo en función de la intensidad de corriente eléctrica  $I$  (distancia  $s = 0$ ).

$I$ A	$B$ mT
0	0.00
2	0.13
4	0.27
6	0.40
8	0.51
10	0.64
12	0.76
14	0.91
16	1.025
18	1.15
20	1.28

Tabla 2: Inducción magnética  $B$  del conductor rectilíneo en función de la distancia  $s$  entre la superficie del conductor y la sonda B (intensidad de corriente  $I = 20$  A)

$s$ mm	$B$ mT
0	1.28
1	0.97
2	0.77
3	0.64
4	0.55
5	0.48
6	0.43
7	0.395
8	0.35
9	0.33
10	0.31
15	0.21
20	0.17
25	0.14
30	0.11
40	0.085

**b) Campo magnético en espiras conductoras circulares:**

Tabla 3: Inducción magnética  $B$  de la espira conductora de 40 mm de diámetro en función de la intensidad de corriente  $I$

$I$ A	$B$ mT
0	0
2	0.07
4	0.13
6	0.19
8	0.26
10	0.32
12	0.38
14	0.45
16	0.51
18	0.58
20	0.64

Tabla 4: Inducción magnética  $B$  de las espiras conductoras en función de la distancia  $x$

$x$ mm	$B$ mT	$x$ mm	$B$ mT	$x$ mm	$B$ mT
2R = 40 mm		2R = 80 mm		2R = 120 mm	
-10	0,005	-10	0,015		
-7,5	0,015	-9	0,02		
-5	0,035	-8	0,03		
-4	0,06	-7	0,04	-9	0,04
-3	0,11	-6	0,05	-7,5	0,06
-2,5	0,14	-5	0,08	-6	0,08
-2	0,21	-4	0,11	-4,5	0,11
-1,5	0,33	-3	0,16	-3	0,15
-1	0,45	-2	0,23	-1,5	0,19
-0,5	0,58	-1	0,29	0	0,21
0	0,64	0	0,32	1,5	0,19
0,5	0,58	1	0,3	3	0,15
1	0,46	2	0,24	4,5	0,11
1,5	0,32	3	0,17	6	0,07
2	0,22	4	0,11	7,5	0,05
2,5	0,15	5	0,08	9	0,03
3	0,1	6	0,05		
4	0,05	7	0,04		
5	0,035	8	0,025		
7,5	0,01	9	0,02		
10	0,005	10	0,015		

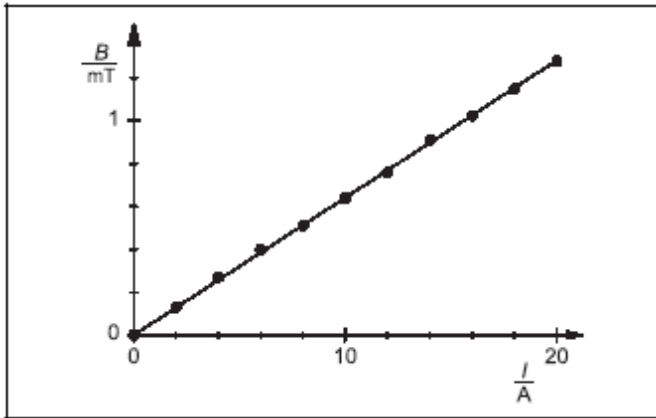


Fig. 6 Inducción magnética  $B$  del conductor rectilíneo en función de la intensidad de corriente  $I$

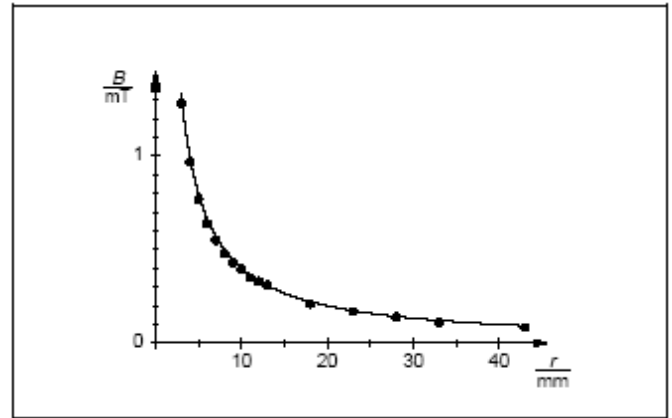


Fig. 7 Inducción magnética  $B$  del conductor rectilíneo en función de la distancia  $r$  al eje del conductor

**Análisis y resultado**

**a) Campo magnético de un conductor rectilíneo:**

En la figura 6 se representa gráficamente la inducción magnética  $B$  en función de la intensidad de corriente  $I$  para el conductor rectilíneo. Los valores medidos (ver tabla 1) se encuentran, tomando en cuenta el rango de precisión, sobre la recta trazada que pasa por el centro de coordenadas, o sea, la inducción magnética  $B$  es proporcional a la intensidad de corriente  $I$ .

La figura 7 muestra la representación gráfica de los valores de medición de la tabla 2. Ahí puede observarse que la distancia  $s$  entre la superficie del conductor y el borde de la sonda  $B$  se diferencian de la distancia  $r$  al eje del alambre, que aparece en (I). La diferencia  $r - s = 3 \text{ mm}$  es la suma de radio  $r_0 = 2 \text{ mm}$  del conductor rectilíneo y la distancia  $s_0 = 1 \text{ mm}$  entre el borde de la sonda  $B$  y el centro del sensor de efecto Hall (ver figura 4). La curva trazada en la figura 7 se calculó, de acuerdo a (I), para  $I = 20 \text{ A}$ . La curva de la figura 8 corresponde a una recta que pasa por el centro de coordenadas.

**b) Campo magnético en espiras conductoras circulares:**

La figura 9 muestra la inducción magnética  $B$  en función de la intensidad de corriente  $I$  para una espira conductora circular. También aquí la coincidencia de los valores medidos (cf. tabla 3) con la recta trazada por el centro de coordenadas verifica la proporcionalidad entre la inducción magnética  $B$  y la intensidad de corriente eléctrica  $I$ .

En la figura 10 se representa gráficamente la inducción magnética  $B$  en función de la coordenada espacial  $x$  para las tres espiras conductoras circulares. Las curvas trazadas fueron calculadas, según (II), para la intensidad de corriente  $I = 20 \text{ A}$ .

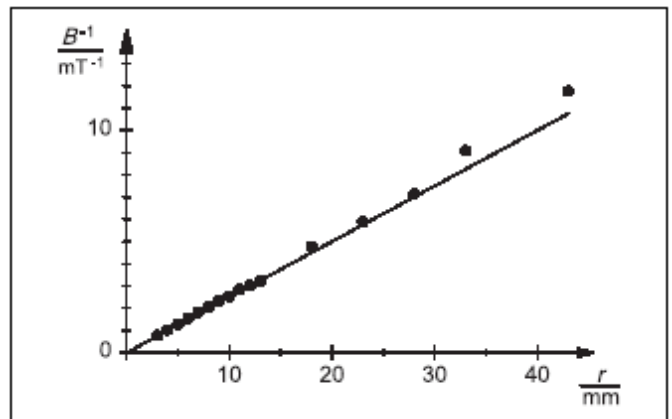


Fig. 8 Inducción magnética  $B$  en el conductor rectilíneo representada como  $1/B = f(r)$

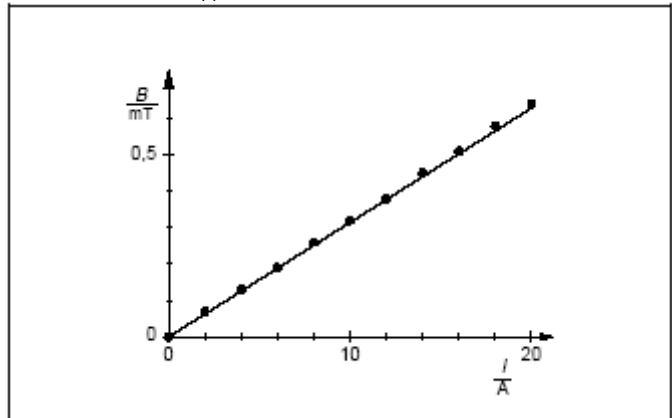


Fig. 9 Inducción magnética  $B$  de la espira conductora circular (diámetro 40 mm) en función de la intensidad de corriente  $I$

Fig. 10 Inducción magnética  $B$  para espiras conductoras circulares de radio  $R$  en función de la coordenada espacial  $x$   
 ○  $R = 60 \text{ mm}$ , ●  $R = 40 \text{ mm}$ , (■)  $R = 20 \text{ mm}$

