

# Práctica de Laboratorio B: Campo magnético.

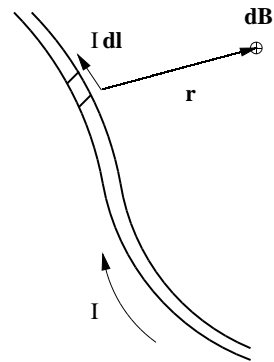
## 1 Introducción teórica

- Las corrientes eléctricas producen campos magnéticos, y éstos ejercen fuerzas sobre las cargas eléctricas en movimiento. La existencia de un campo magnético en un punto del espacio puede demostrarse con una brújula. Si existe un campo magnético, la aguja se alineará en la dirección de este campo.

- Un elemento de corriente de longitud  $d\mathbf{l}$  por el que circula una corriente  $I$  genera un campo magnético en un punto situado según un vector de posición  $\mathbf{r}$  que viene dado por la ley de Biot y Savart:

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{r^3},$$

donde  $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} Tm/A$  es la permeabilidad magnética del vacío.

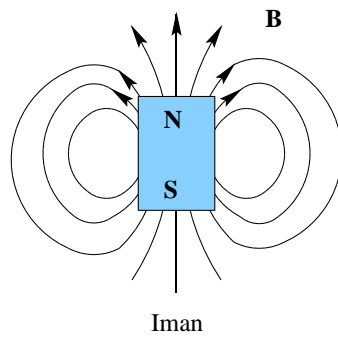


- Una carga  $q$  moviéndose con una velocidad  $\mathbf{v}$  en presencia de un campo magnético  $\mathbf{B}$  experimenta una fuerza:

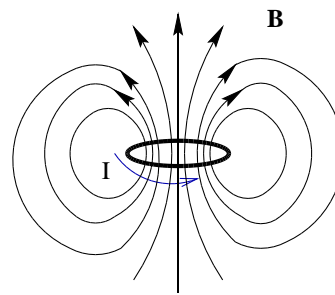
$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}.$$

Esta ecuación permite definir el **campo magnético**,  $\mathbf{B}$ , como una colección de vectores, uno para cada punto del espacio, que nos da la fuerza magnética sobre una carga en movimiento situada en cualquier punto del espacio. La unidad de campo magnético en SI es el Tesla, aunque también se usa el Gauss ( $1T = 10^4 G$ ).

- En esta práctica, crearemos campos magnéticos de dos formas: mediante un **imán**, que es un material ferromagnético, y haciendo circular una corriente eléctrica por una **bobina**. Una forma de representar el campo magnético en una región del espacio es utilizar **líneas del campo**: el campo magnético en cada punto es tangente a la línea de campo en ese punto y su intensidad es proporcional a la densidad de líneas. Tanto en el caso del imán como en el de la bobina, la forma de las líneas del campo magnético son similares, tal y como se muestra en la siguiente figura:



Iman



Espira circular

### • Campo magnético creado por una bobina

Una bobina está formada por  $N$  espiras circulares por las que circula una corriente  $I$ , por lo que el campo magnético creado por una bobina es  $N$  veces el campo magnético creado por una espira.

El campo magnético  $B$  creado por una espira circular de radio  $R$  por la que circula una corriente  $I$  se puede obtener superponiendo los campos producidos por cada elemento de corriente. En el centro de la espira  $B$  tiene la dirección del eje y vale:

$$B = \frac{\mu_0}{2R} I.$$

Sobre el eje de la espira, a una distancia  $z$  de su centro,  $B$  vale:

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

que se reduce a la expresión anterior cuando  $z = 0$ .

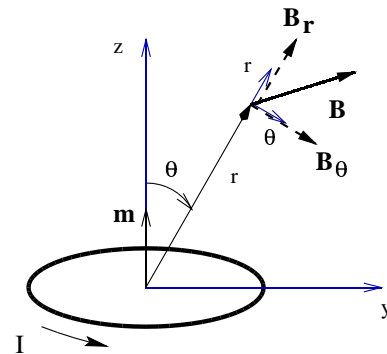
Para distancias grandes,  $z \gg R$ ,  $B$  se puede aproximar por:

$$B = \frac{\mu_0 R^2}{2z^3} I = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2m}{z^3},$$

donde  $m = \pi R^2 I$  es el módulo del vector **momento magnético** de la espira,  $\mathbf{m} = IS$  ( $\mathbf{S}$  es el vector de superficie asociado a la espira: su módulo es el área de la espira y su dirección perpendicular a ella).

En un punto del espacio situado a una distancia  $r$  del centro, si  $r \gg R$ , el campo  $B$  se puede expresar en coordenadas esféricas:

$$B_r = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{m}{r^3} 2\cos\theta, \quad B_\theta = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{m}{r^3} \sin\theta.$$



### • Campo magnético creado por un imán

Para distancias grandes frente al tamaño del imán, éste se comporta igual que una bobina con un momento magnético  $\mathbf{m}$ . Por tanto, las expresiones anteriores son válidas para el campo magnético creado por un imán.

Se llama **polo norte** a la zona de donde emergen las líneas de campo y **polo sur** al lugar donde entran al imán.

El vector **imantación**,  $\mathbf{M}$ , nos indica el grado de magnetización de un material, de forma que:  $\mathbf{m} = \mathbf{M} \cdot \text{Volumen}$ .

## 2 Material

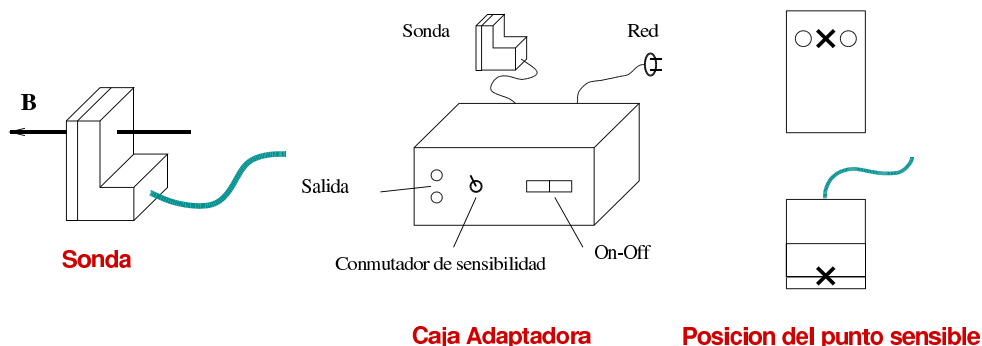
### • Sonda Hall / Caja adaptadora

La **sonda Hall** es el dispositivo que usaremos para **medir campos magnéticos** (el campo magnético en cada punto del espacio es un vector). Está colocada dentro de una cápsula de latón y **sólo** detecta la componente del vector campo magnético que tiene la dirección que se ve en la figura (proyección de **B** en la dirección perpendicular al plano de la sonda). Su punto sensible está situado en el interior, entre los dos tornillos de la tapa, a una distancia de  $3mm$ .

La sonda Hall detecta campos magnéticos basándose en el **efecto Hall**. Este efecto consiste en que cuando por un material conductor en presencia de un campo magnético circula una corriente eléctrica se crean diferencias de potencial en su interior que se pueden medir en el laboratorio (tensión Hall). Esta tensión es proporcional al campo magnético exterior.

En la **caja adaptadora** unida a la sonda Hall está la fuente de alimentación que suministra la corriente necesaria para la sonda y un amplificador de la tensión Hall. En el exterior de la caja están los terminales de salida de la señal. La salida es una tensión continua proporcional al campo magnético y el amplificador se ha ajustado de forma que la sensibilidad de la sonda es de  $10mV/Gauss$  o de  $1 mV/Gauss$ , según la posición del conmutador. Haremos la lectura de la tensión de salida con un multímetro.

Debido a la poca estabilidad térmica de la sonda, conviene poner en marcha la sonda un poco antes (unos 5 minutos) de hacer las medidas.



### • Bobina

La bobina que usaremos tiene un radio medio de  $R = 4.60 \pm 0.05cm$ ,  $N = 270$  vueltas y por ella puede circular una corriente máxima de unos  $2A$ .

Para hacer circular una corriente continua por la bobina se ha de conectar a una fuente de alimentación. Previamente, se ha de **ajustar la corriente máxima**,  $I_{max}$ , a  $1.6A$  para no quemar la bobina. Para hacerlo, se ha de poner inicialmente el control de corriente al mínimo, el de tensión al máximo y cortocircuitar la fuente. A continuación, se ha de aumentar gradualmente la corriente hasta llegar al valor deseado.

Para controlar la corriente que circula por la bobina utilizaremos el ajuste de tensión (y el ajuste fino de tensión) de la fuente de alimentación. Conviene conectar la fuente sólo el tiempo necesario para hacer la medida.

### • Imán

Usaremos un imán de ferrita de un volumen  $V = 10.0cm^3$  ( $25 \times 20 \times 20mm$ ).

Nombre		Grupo	
Nombre		Grupo	

### 3 Realización

#### 3.1 Carácter vectorial del campo magnético

▷ **Objetivos:**

- Identificar imanes como fuentes de campos magnéticos.
- Familiarizarse con un sistema de medida de campos magnéticos.
- Conocer las unidades del campo magnético,  $\mathbf{B}$ , y su orden de magnitud.
- Observar el carácter vectorial de  $\mathbf{B}$ .
- Obtener el vector  $\mathbf{B}$  a partir de sus componentes.
- Comprobar la independencia del vector  $\mathbf{B}$  del sistema de coordenadas.

▷ Utilizaremos un imán como fuente de campo magnético.

▷ Manteniendo la sonda alejada de cualquier fuente de campo magnético, comprobar que da una señal pequeña. Observar si hay fluctuaciones aleatorias de la señal.

Debido a la presencia del campo magnético terrestre y al error de cero de la sonda, que depende de la temperatura, la lectura no es cero en ausencia de fuentes de campo magnético. Por este motivo, **siempre**, antes de situar la fuente de campo magnético, debéis realizar una medida en el punto en el que vayáis a medir el campo y restar el resultado de la cantidad medida en presencia de la fuente. De esta forma, se corrige el error de cero.

▷ Identificar sobre la sonda el punto y la dirección en que es sensible al campo  $\mathbf{B}$ . Identificar cuál tendrá que ser el sentido de  $\mathbf{B}$  para obtener una señal positiva.

▷ **Campo magnético en P, Q y R**

Medir las componentes  $x$  e  $y$  de  $\mathbf{B}$  (con su signo correspondiente) en los puntos P, Q y R señalados en la plantilla (situados a  $6\text{cm}$  del imán en su eje y en la dirección perpendicular). Expresar los resultados en Teslas y Gauss.

$$\begin{array}{lll}
 B_x(P) = & B_x(Q) = & B_x(R) = \\
 B_y(P) = & B_y(Q) = & B_y(R) =
 \end{array}$$

▷ **Campo magnético en S**

Medir **directamente** el módulo del campo magnético en el punto S girando la sonda alrededor de un eje vertical, manteniendo siempre su punto sensible sobre S. Identificar la dirección y sentido de  $\mathbf{B}$ .

$$B(S)_{medido} =$$

Medir las componentes  $x$  e  $y$  de  $\mathbf{B}$  (coordenadas cartesianas) con su signo correspondiente. Calcular el módulo del campo magnético y el ángulo  $\Phi$  que forma  $\mathbf{B}$  con el eje X.

$$B_x(S) =$$

$$B_y(S) =$$

$$B(S)_{calculado} =$$

$$\Phi =$$

Coger los ejes de coordenadas polares dibujados en la plantilla. Medir las componentes de  $\mathbf{B}$  según la dirección radial y tangencial. Calcular el módulo del campo magnético y el ángulo  $\alpha$  que forma  $\mathbf{B}$  con la dirección radial.

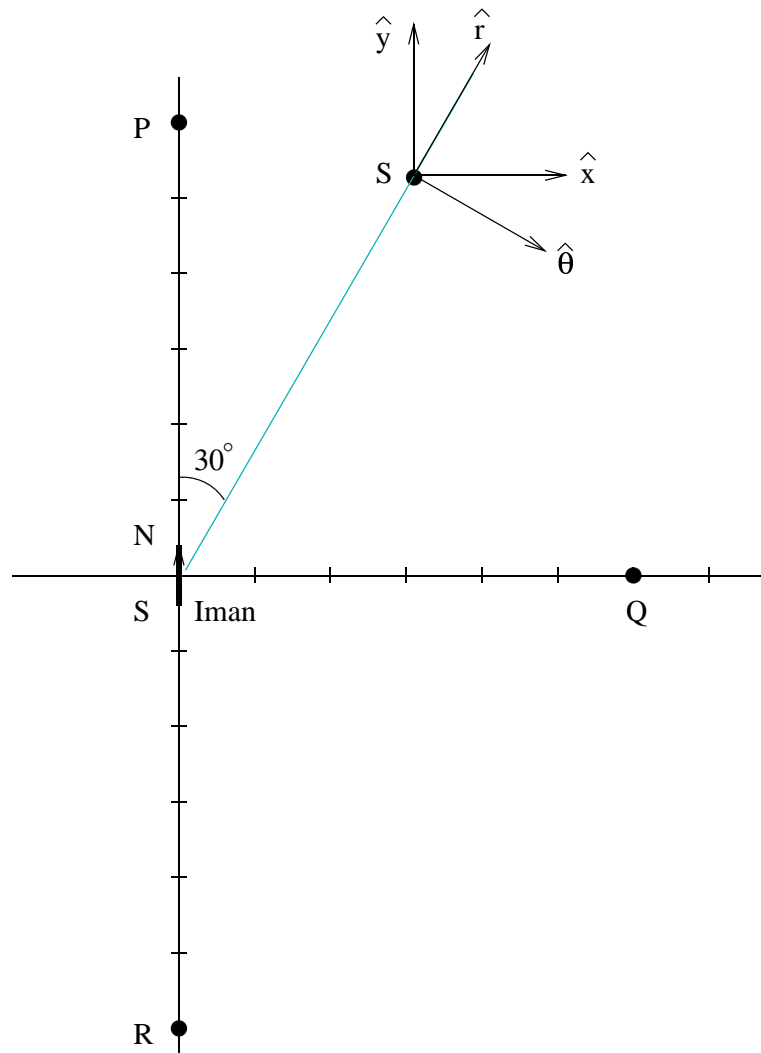
$$B_r(S) =$$

$$B_\theta(S) =$$

$$B'(S)_{calculado} =$$

$$\alpha =$$

- Dibujar, a escala el vector campo magnético en los puntos P, Q, R y S. En el punto S dibujar el vector obtenido utilizando coordenadas cartesianas y el obtenido utilizando coordenadas polares.



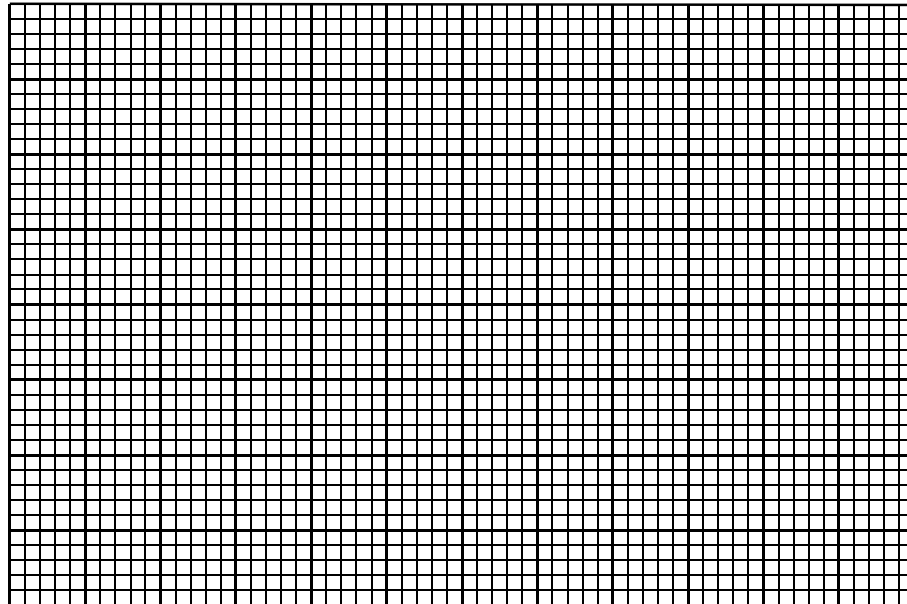
### 3.2 Dependencia del campo magnético creado por una bobina con la corriente

▷ **Objetivos:**

- Identificar corrientes eléctricas como fuentes de campos magnéticos.
  - Comprobar la dependencia de  $\mathbf{B}$  con la corriente que lo crea,  $I$ , en el caso del campo magnético en el centro de una bobina.
- ▷ Mediante el soporte adecuado, se ha de situar la sonda en el centro de la bobina. La bobina se alimenta con una corriente continua por medio de una fuente de alimentación. Recordar que tenéis que usar el limitador de corriente a  $1.6A$  para que la bobina no se caliente accidentalmente.
- ▷ Medir  $\mathbf{B}$  para diferentes valores de la corriente  $I$  que circula por la bobina, desde  $I = 0$  hasta  $I = 1.5A$ .

$I(A)$	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5
$B(T)$						

- ▷ Representar el campo magnético  $B$  en función de la intensidad  $I$ . Ajustar los puntos a una recta y calcular su pendiente. A partir del radio de la bobina, su número de espiras y de la permeabilidad del vacío obtener el valor teórico esperado para la pendiente.



$$m_{medido} =$$

$$m_{teorico} =$$

### 3.3 Dependencia del campo magnético creado por una bobina con la distancia

▷ **Objetivos:**

- Observar la dependencia del campo magnético sobre el eje de una bobina con la distancia al centro de la bobina.
- ▷ Aplicar una corriente de  $1.5A$  a la bobina y utilizar la sonda sobre el soporte, para que esté a la altura del centro de la bobina) para medir el campo magnético sobre el eje. No mantengáis la corriente mientras no hacéis medidas.
- ▷ Medir el campo  $B$  en distintos puntos del eje, desde  $20cm$  hasta el centro de la bobina.

$z(cm)$	0	1	2	3	5	7	9	12	15	18
$B(G)$										

- ▷ Hacer la representación gráfica de  $B$  en función de la distancia  $z$ . Observar la forma para  $z \ll R$  y para  $z \gg R$ .

