

# PRÀCTICA 7

## MESURES DE CAMP MAGNÈTIC

### Abans d'anar al laboratori

- 1 - Estudieu l'apartat 1 sobre el Fonament Teòric d'aquesta pràctica.
- 2 - Resoleu els problemes plantejats al final de l'apartat 1. La resolució d'aquest problema l'haureu de lliurar al professor del laboratori a l'inici de la pràctica.
- 3 - Repasseu els conceptes sobre Regressió Lineal que s'expliquen al primer capítol del manual de pràctiques dedicat al Tractament de Dades Experimentals i mireu l'Apèndix D sobre el programa Excel.
- 4 - Llegiu l'apartat 2 sobre el Procediment de Mesura que seguireu durant la realització d'aquesta pràctica.

**Objectius:** Comprovar experimentalment l'expressió del camp magnètic creat per una bobina plana circular en un punt del seu eix en funció de la intensitat, el número d'espires i la distància al centre.

## 1 Fonament teòric

### 1.1 Camp magnètic creat per una bobina plana circular

La Figura 1 mostra les línies de camp magnètic d'una espira circular. Com és veu, el camp magnètic en els punts de l'eix de l'espira té la direcció de l'eix.

A partir de la llei de Biot i Savart es demostra que el mòdul del camp magnètic creat per una espira circular en un punt del seu eix situat a una distància  $r$  del centre és

$$B_{\text{esp}} = \frac{\mu_0 R^2}{2(R^2 + r^2)^{3/2}} I \quad (1)$$

on  $R$  és el radi de la bobina,  $I$  és la intensitat del corrent que hi circula i  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  Tm/A.

En el cas d'una bobina circular plana (formada per un fil conductor enrotllat amb  $N$  voltes circulars de manera que el seu gruix del conjunt és petit comparat amb el radi) podem considerar que el camp magnètic és el d'un conjunt de  $N$  espiras. Llavors, el camp al eix de la bobina és

$$B = N \frac{\mu_0 R^2}{2(R^2 + r^2)^{3/2}} I \quad (2)$$

En el centre de la bobina  $r = 0$  i l'expressió anterior és

$$B = N \frac{\mu_0}{2R} I \quad (3)$$

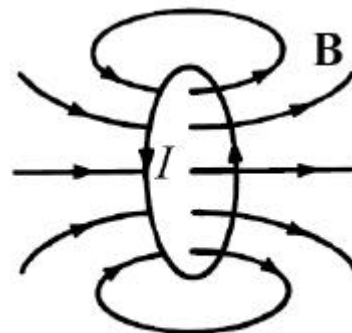


Figura 1

## 1.2 Problemes

### Problema 1

Per una bobina circular plana de 4.6 cm de radi i 270 espines circula una intensitat de 1.5 A. Calculeu el mòdul del camp magnètic al centre de la bobina i en un punt del seu eix situat a 5 cm del centre.

### Problema 2

Mitjançant una sonda Hall hem mesurat el mòdul del camp magnètic  $B$  al centre d'una bobina plana circular de 270 espines per a diferents valors de la intensitat  $I$  que hi circula. A la Figura 2 hem representat els valors de  $B$  en funció de  $I$  i hem traçat la recta que millor s'ajusta als punts.

a1) Quin és el pendent de la recta representada.

a2) A partir del valor del pendent obtingut, i tenint en compte l'equació (3) calculeu el radi de la bobina.

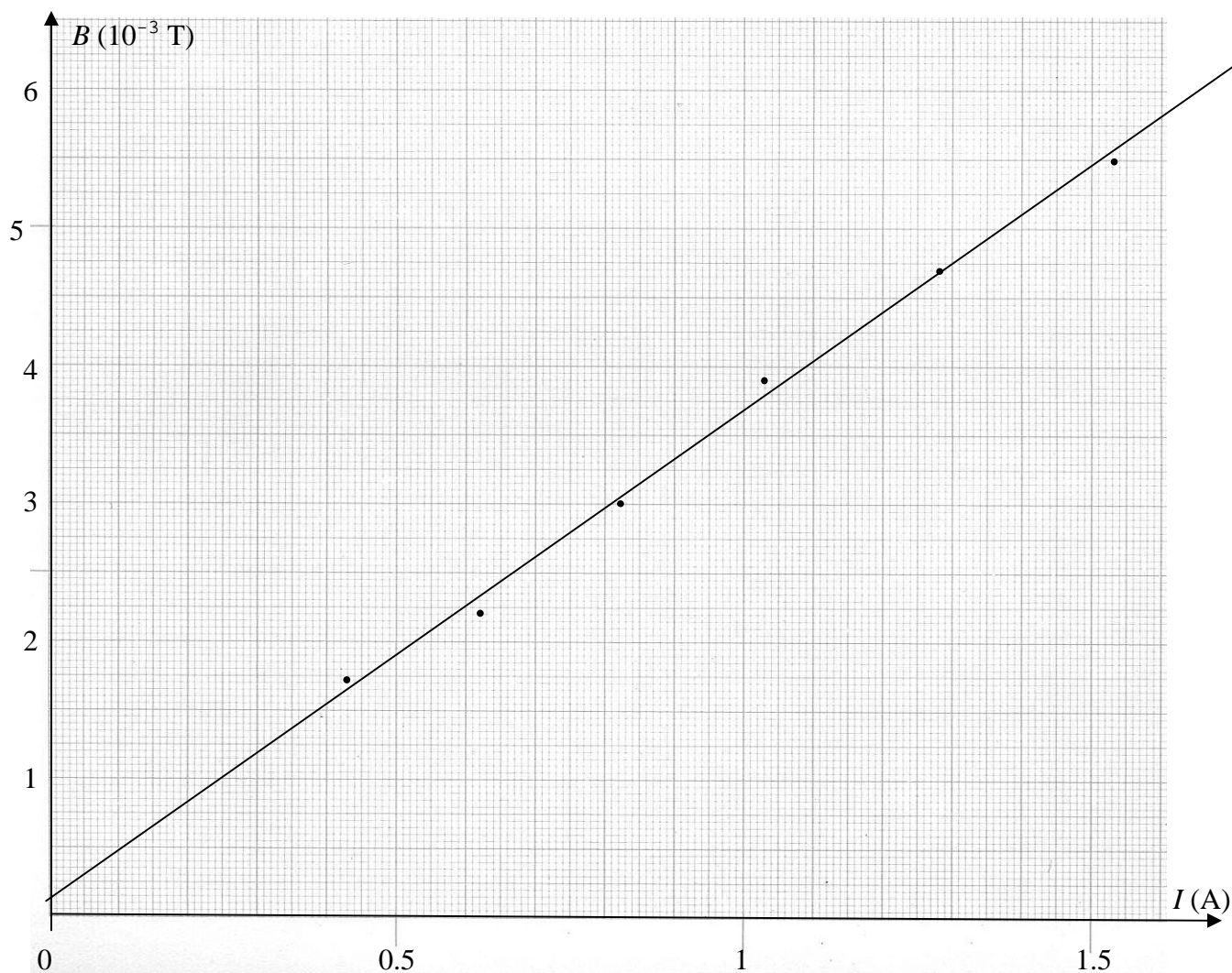


Figura 2

## 2 Procediment de Mesura

### 2.1 Comproveu que en el lloc de treball teniu:

#### a) Bobina

Radi mitjà =  $4.6 \pm 0.05$  cm

Corrent màxim = 2 A

El nombre d'espires  $N$  ve indicat en cada una de les bobines.

#### b) Font d'alimentació

#### c) Polímetre digital

#### d) Sonda Hall (Figura 3)

La sonda de mesura es fonamenta en l'efecte Hall. Al seu interior hi ha un circuit integrat (UGN 3501) juntament amb una resistència NTC per a compensació de temperatura. El punt actiu de la sonda es troba aproximadament en la superfície de separació de les dues plaques i en el punt mig entre els dos cargols que uneixen aquestes plaques. A la Figura 3 es mostra la sonda amb la orientació relativa respecte el camp que dona una resposta màxima i positiva.

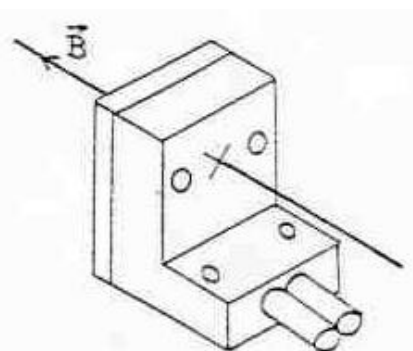


Figura 3: Sonda

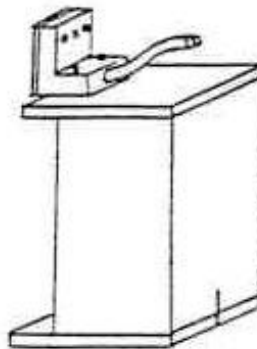


Figura 4: Suport de la sonda

#### e) Suport de la sonda (Figura 4)

El suport de la sonda ens permet situar la sonda a l'alçada de l'eix de la bobina. El suport té dues marques, una al davant i l'altra al darrera de la seva base per fer-les coincidir amb la direcció adequada per mesurar el camp magnètic.

#### f) Font d'alimentació de la sonda i circuit d'adaptació al polímetre (Figura 5)

Inclou el potenciòmetre per l'ajust a zero de la sonda (tensió de sortida nul·la en absència de camp magnètic).

L'equip de mesura s'ha calibrat de manera que:

$$1 \text{ V} \equiv 1 \times 10^{-2} \text{ T}$$

Aquesta relació és vàlida fins  $\pm 6$  V, i pot tenir un error d'un 5%.

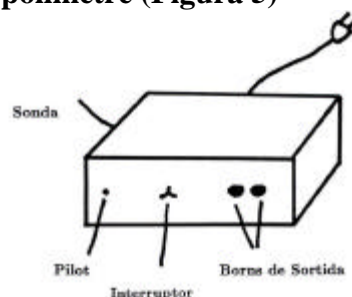


Figura 5. Adaptador de la sonda

#### g) Full auxiliar i regla

Sobre la taula hi ha un full on s'indica on cal situar la bobina i un regla per mesurar la distància d'un punt de l'eix de la bobina al centre

## 2.2 Connexió de la sonda al polímetre

Connecteu el polímetre (en mesura de voltatge) a la sonda. Recordeu que la lectura del polímetre és el valor del voltatge Hall de la sonda ( $V_H$ ) i que  $1 \text{ V} \equiv 10^{-2} \text{ T}$

## 2.3 Ajust i maneig de la font d'alimentació

1. Per seguretat, ajusteu primer el corrent límit de la font a un valor de 1.6 A. Per fer-ho, amb la font apagada, connecteu la bobina, i gireu el control de corrent fins a la seva posició mínima (girar al màxim en sentit antihorari) i el control de tensió fins a la seva posició màxima (girar al màxim en sentit horari). Després, engegueu la font i, tot seguit, aneu girant el control de corrent en sentit antihorari fins que la font indiqui 1.6 A.

NO TORNEU A TOCAR EL CONTROL DE CORRENT EN TOTA LA PRÀCTICA.

2. El corrent de la bobina l'ajustareu variant la tensió.

3. Mantingueu engegada la font només quan feu les mesures.

## 2.4 Dependència del camp magnètic amb el corrent

1. Amb la sonda al seu suport, introduïu la part inferior d'aquest en el buit inferior del xassís de la bobina. D'aquesta manera, el punt actiu de la sonda queda en el centre de la bobina i l'orientació de la sonda paral·lela al camp. És imprescindible no modificar aquesta posició durant les mesures.

2. Engegueu la font i efectueu mesures del camp magnètic per corrents de valors propers a 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 i 1.5 A anotant exactament els valors de la intensitat. Per fer-ho, aneu variant el corrent girant el botó de la tensió.

## 2.5 Variació del camp magnètic creat per una bobina al seu eix.

1. Situeu junt al regle fix del full auxiliar de la taula el conjunt bobina-suport-sonda. La bobina haurà d'estar tocant l'extrem del regle i el suport s'haurà de poder moure segons la guia del regle (les marques del davant i del darrera del suport han de coincidir amb la direcció del regle). La part esquerra del suport ens donarà automàticament la distància al centre de la bobina a la qual es troba el punt actiu de la sonda.

2. Utilitzeu un corrent d'aproximadament 1.5 A (anoteu exactament el seu valor) i mesureu el camp magnètic per a distàncies de 0, 1, 2, 3, 5, 7, 9 i 12 cm.

3. Desconnecteu la bobina i apagueu la font d'alimentació quan acabeu de mesurar.

## 2.6 Càlculs

### 2.6.1 Dependència del camp magnètic amb el corrent i càlcul de $m_0$

1. En el full de paper mil·limetrat representeu els valors del camp magnètic  $B$  en funció de la intensitat  $I$  obtinguts a l'apartat 2.4, i comproveu que estan pràcticament alineats sobre una recta que passa per l'origen.

2. Traceu la recta que millor s'ajusti als punts i determineu el seu pendent  $a_g$  (a partir de dos punts de la recta dibuixada).



3. D'acord amb l'expressió (3), el pendent de la recta és  $a_g = Nm_0/(2R)$ . A partir del valor de  $a_g$  que heu obtingut calculeu el de la permeabilitat magnètica  $m_0$  i compareu-lo amb el valor exacte d'aquesta constant física ( $m_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$ ).

### 2.6.2 Variació del camp magnètic creat per una bobina al seu eix

D'acord amb l'expressió (2), la relació del camp magnètic  $B$  a l'eix de la bobina amb la distància  $r$  al seu centre és pot escriure

$$B = a_t x \quad \text{on} \quad x = \frac{1}{(R^2 + r^2)^{3/2}} \quad \text{i} \quad a_t = \frac{N \mu_0 R^2 I}{2} \quad (4)$$

Per tant, si representem els valors de  $B$  que hem mesurat a l'apartat 2.5 en funció de  $x$ , els punts  $(x, B)$  han d'estar alineats sobre una recta de pendent  $a_t$  que passa per l'origen. Per comprovar-ho, farem servir el programa Excel tal com s'explica tot seguit.

1. Engegueu l'ordinador, obriu el programa Excel, i a les columnes A i B introduïu els valors de  $r$  i  $V_H$  mesurats a l'apartat 2.5.
2. A les columnes C i D calculeu els valors de  $x$  i del camp magnètic  $B$ , respectivament. En Excel, la fórmula ( $f_x$ ) de  $x$  s'escriu  $=1/(R^2+r^2)^(3/2)$ .
3. Representeu  $B$  en funció de  $x$ . Per fer-ho
  - a) marqueu els valors de les columnes C i D,
  - b) cliqueu l'icona "Asistente para graficos", 
  - c) trieu el tipus de gràfic "XY (Dispersión)" 
  - d) subtipus "Dispersión. Compara pares de valores ",
  - e) i cliqueu "Finalizar" perquè surti la gràfica.

MOSTREU AL PROFESSOR LA GRÀFICA OBTINGUDA

4. Com s'explica a l'Apèndix D (a partir del pas 10) feu la **regressió lineal**.
  - a) Cliqueu un punt i quedaran tots seleccionats.
  - b) Premeu el botó dret del ratolí i al menú que sortirà trieu "agregar linea de tendencia".
  - c) Seleccioneu el tipus "lineal" i sense "aceptar" aneu a "opciones" on heu de marcar
  - d) "Presentar ecuación en el gráfico" y "Presentar el valor de R cuadrado en el gráfico".
  - e) Cliqueu "Aceptar" i veureu l'equació  $y = ax + b$  on  $y \equiv B$  i  $b$  ha de ser molt petit.
5. Compareu el valor de  $a$  obtingut per regressió amb el valor teòric  $a_t$  de l'expressió (4).

## Mesures de camp magnètic

Radi de la bobina,  $R =$

Nombre d'espines de la bobina,  $N =$

Per calcular el camp magnètic a partir de la tensió Hall tingueu en compte l'equivalència indicada a la sonda:  $1 \text{ V} = 0.01 \text{ T}$  (recomanable) o  $1 \text{ V} = 0.1 \text{ T}$

### Dependència del camp magnètic amb el corrent i càlcul de $m_b$

$I$ (A)	$V_H$ (V)	$B$ (T)

1) En el full de paper mil·limetrat que s'adjunta representeu els valors de  $B$  en funció de  $I$ .

2) Traceu (a ull) la recta que millor s'ajusta als punts i determineu el seu pendent

$$a_g =$$

3) Calculeu  $m_b = \frac{2Ra_g}{N} =$

i compareu el resultat amb

$$m_b = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A} =$$

### Variació del camp magnètic creat per una bobina al seu eix

$I =$

$r$ (m)	$V_H$ (V)

Amb el programa Excel:

1) Introduïu els valors de  $r$  i  $V_H$  a les columnes A i B

2) Calculeu  $x = \frac{1}{(R^2 + r^2)^{3/2}}$  i el camp magnètic  $B$

3) Representeu  $B$  en funció de  $x$ .

Comproveu que els punts estan alineats i

**MOSTREU LA GRÀFICA AL PROFESSOR**

4) Feu la regressió lineal per calcular el pendent

$$a =$$

5)  $a_t = \frac{Nm_b R^2 I}{2} =$