

Laboratori d'Electromagnetisme

Sandro Barissi, Adrià Marín, Arnau Mas, Robert Prat

2018

Índex

Informes	2
1 Camps magnètics d'espires i bobines	3
1.1 Introducció	3
1.2 Mètode experimental	3
1.2.1 Espires	3
1.2.2 Bobines	4
1.3 Resultats	5
1.3.1 Espires	5
1.3.2 Bobines	6
1.4 Conclusions	6

Camps magnètics d'espises i bobines

Aquesta pràctica té com a objectiu principal l'estudi dels camps magnètics creats per diferents configuracions d'espises i bobines. Mitjançant una sonda Hall s'han mesurat els camps creats, al seu centre, per espises de radis diferents, així com per conjunts de una, dues i tres espises. De la mateixa manera s'han realitzat mesures del camp magnètic al llarg de l'eix de bobines de diversos radis.

Amb les dades experimentals s'ha posat a prova la dependència del camp magnètic d'una espira del seu radi i també del nombre d'espises, tal i com prediu la llei de Biot-Savart. També s'ha pogut trobar un valor per a la permeabilitat magnètica del buit, μ_0 .

error
relatiu
comès

1.1 Introducció

En la primera part de la pràctica s'estudiarà el camp magnètic degut a conjunts d'espises. Si considerem un conjunt de N espises de radi R per les que hi circula un corrent constant I , un càlcul elemental amb la llei de Biot-Savart ens dóna que el camp magnètic \mathbf{B} al seu centre és

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I N}{2R} \mathbf{e}_z, \quad (1.1)$$

on \mathbf{e}_z és el vector unitari perpendicular al pla de les espises. Així doncs esperem poder observar les relacions $B \propto R^{-1}$ i $B \propto N$.

Pel que fa al camp magnètic d'una bobina, sabem que en el cas d'una bobina infinita el camp en el seu interior és constant i nul a l'exterior. En el cas d'una bobina finita de longitud L , radi R , N voltes i per la qual hi passa una intensitat constant I , el camp a punts del seu eix es pot trobar de manera exacta mitjançant la llei de Biot-Savart i resulta

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I N}{2L} \left(\frac{z + L/2}{\sqrt{R^2 + (z + L/2)^2}} - \frac{z - L/2}{\sqrt{R^2 + (z - L/2)^2}} \right) \mathbf{e}_z, \quad (1.2)$$

on z és la posició de la sonda al llarg de l'eix de la bobina —fixant $z = 0$ al seu centre— i \mathbf{e}_z és el vector unitari paral·lel a l'eix. Quan $L \gg R$ aleshores l'equació (1.2) dóna lloc a un camp que és gairebé constant per $|z| < L/2$ i que decau molt depressa cap a 0 quan $|z| > L/2$.

1.2 Mètode experimental

1.2.1 Espises

Per a realitzar les mesures s'ha fet servir la disposició que es mostra a la figura 1.1. Les espises i la sonda estaven cada una sobre un suport de manera que la sonda estigués a la

mateixa alçada que el centre de l'espisa. La sonda també estava muntada sobre una rail de manera que es mantingués sempre sobre l'eix perpendicular de les espises.

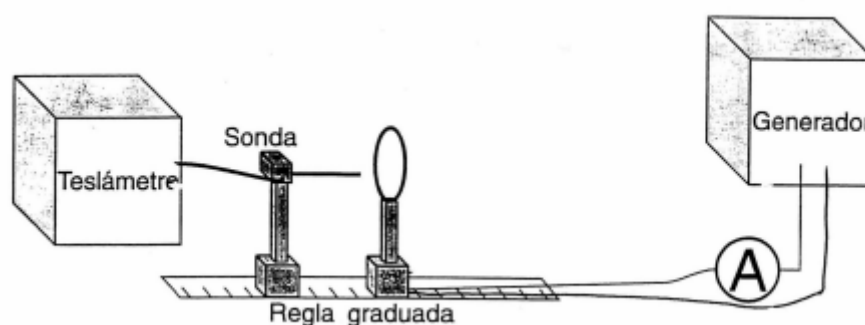


Figura 1.1: Esquema del circuit emprat per a mesurar el camp magnètic

El corrent subministrat per la font es va fixar a 4.00 A i tot seguit la sonda es va desplaçar fins al centre de l'espisa —de la qual ja s'havia mesurat el radi—. Cal mencionar que el sensor de camp magnètic no es troba exactament a la punta de la sonda, de manera que és complicat determinar exactament quan és que efectivament s'estava mesurant el camp al centre. Com que, d'acord amb el resultat teòric, el camp magnètic s'una espisa és màxim al seu centre, es va considerar el màxim valor registrat pel tslàmetre. Degut a la seva alta sensibilitat, el tslàmetre trigava un temps considerable a estabilitzar la seva lectura després de canvis bruscos en el camp magnètic.

S'han pres sis mesures del camp per a cada espisa—tres en total, cada una amb un radi diferent. Tres amb un sentit del corrent i tres amb el corrent en sentit oposat. Aleshores s'ha fet el promig de les sis lectures per a minimitzar errors aleatoris deguts a fluctuacions en la mesura del tslàmetre.

Posteriorment s'ha mesurat el camp al centre del conjunt de 1, 2 i 3 espises seguint el mateix procediment.

1.2.2 Bobines

Per la mesura del camp a l'interior de les bobines s'ha fet servir el mateix circuit que es mostra a la figura 1.1.

Ajustant la intensitat a (1.00 ± 0.01) A a l'amperímetre, s'ha mesurat el camp a diversos punts a l'interior de la bobina. Per fer-ho s'ha ajustat l'alçada de la sonda de manera que aquesta quedi sobre l'eix de la bobina. Començant pel punt immediatament a l'exterior de la bobina s'ha fet avançar la sonda sobre el regle mesurant el camp cada 3 cm de manera que n'han resultat 8 mesures a diferents punts de l'eix.

Aquest mateix procediment s'ha repetit per cada una de les bobines diferents.

1.3 Resultats

1.3.1 Espises

Com s'ha mencionat anteriorment, en aquesta secció es presenten els resultats relatius a la part de la pràctica referent a les espises. A la taula 1.1 es presenten les mesures del camp magnètic al centre d'una espisa en funció del seu radi.

Taula 1.1: Taula de valors teòrics i experimentals

Radi (± 0.2 cm)	B_{exp} (10^{-5} T)	$B_{\text{teò}}$ (10^{-5} T)
3.0	7.3 ± 1.4	8.4 ± 0.4
4.3	6.0 ± 1.6	5.9 ± 0.2
6.0	5.0 ± 1.6	4.2 ± 0.1

Les incerteses dels camps experimentals de la taula 1.1 han estat calculades segons la desviació estàndard de les diferents mesures realitzades. Pel que fa a les incerteses teòriques, aquestes han estat calculades per propagació d'incerteses de la fórmula equació (1.1). Com podem veure en els tres casos, els valors experimentals amb els seus respectius intervals d'incertesa coincideixen en alguns punts amb els valors teòrics i els seus intervals, per tant els resultats són compatibles. Es pot observar que l'incertesa dels resultats experimentals és considerablement major. Això és degut a les imprecisions dels aparells emprats per a la mesura dels camps, especialment a les contínues fluctuacions del teslàmetre.

Tanmateix, el fet més rellevant que podem observar és la disminució del camp a l'interior de l'espisa a mesura que augmenta el seu radi. Aquest resultat ja era el que esperavem teòricament. Per fer més èmfasi en aquest fet es presenta la gràfica de l'acreció:camp espisa, on es representa el camp magnètic al centre en funció del radi de l'espisa.

Figura 1.2: Camp magnètic al centre en funció del radi de l'espisa

Com es comentava, s'observa que el camp a l'interior es va atenuant a mesura que s'augmenta el radi de l'espisa. Tot i que és difícil d'apreciar ja que només s'ha fet la mesura amb tres radis diferents, es pot comprovar numèricament que el camp magnètic decau com $\frac{1}{R}$. Aquesta és per tant la forma de funció que observaríem si es tinguessin valors infinits de radis d'espises i els seus camps respectius.

La taula 1.2 presenta els camps magnètics teòrics i experimentals al centre dels conjunts de 1, 2 i 3 espises.

Taula 1.2: Valors teòrics i experimentals del camp magnètic al centre d'un conjunt de N espises

Nombre d'espises N	B_{exp} (10^{-5} T)	$B_{\text{teò}}$ (10^{-5} T)
1	5.0 ± 1.6	4.2 ± 0.1
2	8.8 ± 1.5	8.4 ± 0.2
3	12.3 ± 1.5	12.6 ± 0.3

Podem observar que en aquest cas els intervals dels camps teòrics i experimentals també se solapen i per tant les observacions satisfan l'esperat. Altra vegada tornem a tenir incerteses majors pels valors experimentals pel mateix fet anteriorment mencionat. Els resultats ens permeten observar que com més espises introduïm al conjunt més intens es torna el camp al centre d'aquest. Aquesta dependència es pot observar clarament al gràfic experimental del camp al centre en funció del nombre d'espises que s'exposa a la figura 1.3.

Figura 1.3: Camp al centre en funció del nombre d'espises

Podem veure a la regressió de la figura 1.3 que aquesta dependència és lineal com s'esperava dels valors teòrics obtinguts a partir de la equació (1.1). El valor de μ_0 obtingut a partir de la regressió tenint en compte que el pendent segons equació (1.1) és $\frac{\mu_0 I}{2R}$ s'obté un valor de $\mu_0 = (1.10 \pm 0.37) \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$ que és compatible amb el valor teòric de $\mu_0 \approx 1.26 \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$. Així doncs, vist que el camp augmenta de manera directament proporcional al nombre d'espises, els resultats d'aquest apartat queden interpretats.

1.3.2 Bobines

A les figures 1.4, 1.5, 1.6 i 1.7 hi ha representat el mòdul del camp magnètic al llarg de l'eix de les bobines mesurades durant l'experiment—calculat a partir de l'equació (1.2) i amb el corresponent marge d'incertesa— així com els punts corresponents a les mesures realitzades

Tal i com es pot apreciar, al llarg de l'eix les mesures obtingudes s'ajusten molt bé a la predicció teòrica. Això és d'esperar ja que a l'interior d'una bobina el camp és pràcticament constant. Als extrems, però, les dades experimentals no s'hi ajusten tant. Una explicació és que en

1.4 Conclusions

En general els resultats obtinguts han estat satisfactoris. S'ha observat empíricament al llarg de tota la pràctica els fets que s'havien demostrat de manera teòrica. El camp magnètic al centre d'una espira disminueix a mesura que augmenta el radi d'aquesta i ho fa com $\frac{1}{R}$ amb R el radi de l'espira. S'ha comprovat també empíricament l'augment lineal del camp al centre d'un conjunt d'espises amb la quantitat d'espises. Aquest últim fet ha estat provat per conjunts de 1, 2 i 3 espises. Les observacions han portat també a concloure que el camp magnètic al centre d'una bobina augmenta en apropar-se al centre i és màxim en aquest. El fet que el camp magnètic creat per una bobina on hi circula una certa intensitat augmenta amb el nombre de voltes, ha estat provat també de manera satisfactòria. Finalment s'ha calculat empíricament la permeabilitat magnètica μ_0 i s'ha obtingut una bona aproximació d'aquesta.

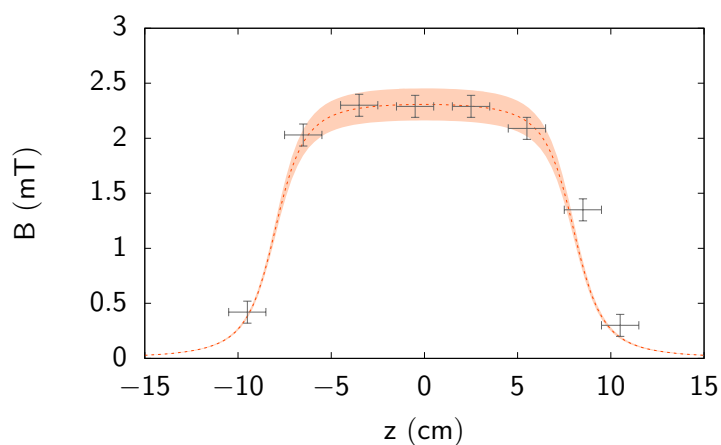


Figura 1.4: Camp magnètic al llarg de l'eix d'una bobina de 300 voltes, longitud 16 cm i diàmetre 3.3 cm per la que hi passa un corrent constant de 1 A.

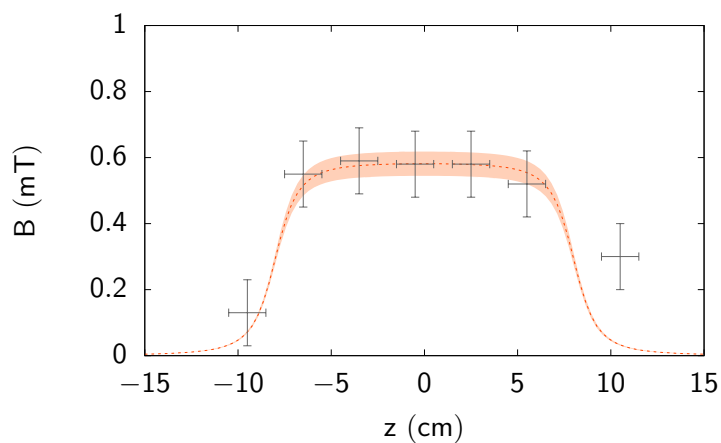


Figura 1.5: Camp magnètic al llarg de l'eix d'una bobina de 75 voltes, longitud 16 cm i diàmetre 2.6 cm per la que hi passa un corrent constant de 1 A.

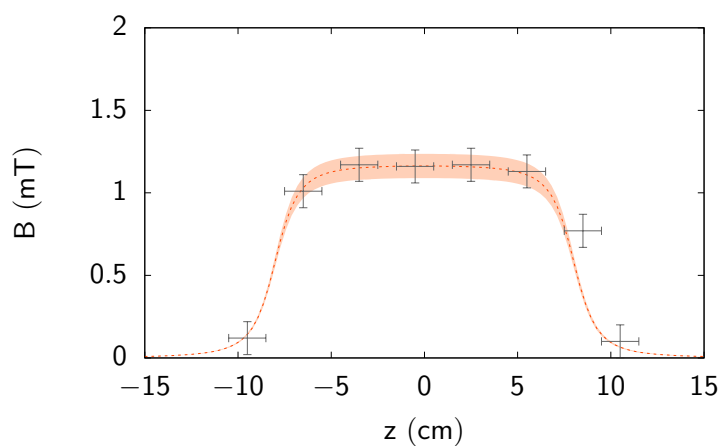


Figura 1.6: Camp magnètic al llarg de l'eix d'una bobina de 150 voltes, longitud 16 cm i diàmetre 2.6 cm per la que hi passa un corrent constant de 1 A.

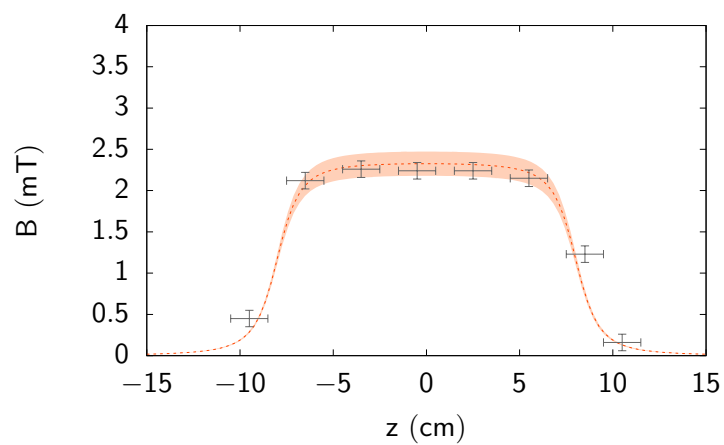


Figura 1.7: Camp magnètic al llarg de l'eix d'una bobina de 300 voltes, longitud 16 cm i diàmetre 2.6 cm per la que hi passa un corrent constant de 1 A.