

Laboratori d'Electromagnetisme

Sandro Barissi, Adrià Marín, Arnau Mas, Robert Prat

2018

Índex

Informes	2
1 Força entre corrents	3
1.1 Introducció i Objectius	3
1.2 Mètode experimental	3
1.2.1 Força vs. Intensitat	4
1.2.2 Força vs. Distància	4
1.2.3 Camp Magnètic Terrestre	5
1.3 Resultats	5
1.3.1 Força vs. Intensitat	5
1.3.2 Força vs. Distància	5
1.3.3 Camp Magnètic Terrestre	6
2 Circuits RLC en sèrie	8
2.1 Introducció	8
2.2 Mètode experimental	9
2.2.1 Règim transitori	9
2.2.2 Règim estacionari	9
3 Camps magnètics d'espires i bobines	10
3.1 Introducció	10
3.2 Mètode experimental	10
3.2.1 Espires	10
3.2.2 Bobines	11
3.3 Resultats	11
3.3.1 Espires	12
3.3.2 Bobines	13
3.4 Conclusions	14

Camps magnètics d'espises i bobines

Aquesta pràctica té com a objectiu principal la mesura dels camps magnètics creats per diferents configuracions d'espises. Utilitzant un teslàmetre i una sonda Hall, s'han determinat experimentalment els camps creats, en el seu centre, per espises de radis diferents, així com per una, dues i tres espises concèntriques i amb el mateix radi i per diferents bobines en diversos punts del seu eix.

Els resultats experimentals són consistents amb les prediccions teòriques, deduïdes a partir de la llei de Biot-Savart. En particular, s'ha observat la dependència del camp creat per una espira amb l'invers del seu radi o el fet que el camp creat per una bobina al seu eix és pràcticament constant a l'interior.

3.1 Introducció

L'objectiu d'aquesta pràctica és mesurar i posteriorment analitzar els camps magnètics que resulten de la circulació de corrent elèctric per fils conductors. Més precisament, es disposarà de diverses espises i bobines per a la circulació del corrent. En el cas de les espises, es mesurarà el camp al centre d'espises de diferents radis i s'analitzarà la variació del camp en funció del radi. Per les bobines el que s'estudiarà és el camp magnètic a diferents punts de l'interior de bobines de diferent nombre de voltes i de diferents radis.

3.2 Mètode experimental

3.2.1 Espises

Pel que fa a les espises, primerament s'ha muntat el circuit que inclou el teslàmetre amb la sonda, l'amperímetre, el regle i l'espira indicada en cada cas. La figura 3.1 mostra un esquema d'aquest circuit.

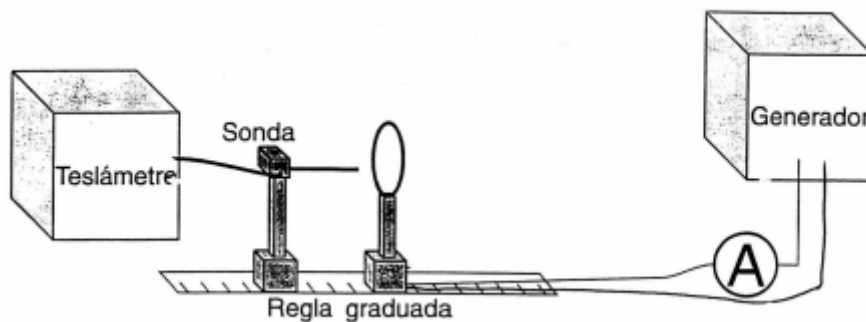


Figura 3.1: Esquema del circuit emprat per a mesurar el camp a l'eix d'una espira

El propòsit del circuit de la figura 3.1 és evidentment mesurar el camp al centre de l'espisa. L'amperímetre ens resulta útil per obtenir una mesura més precisa que la donada pel generador de la intensitat que circula pel circuit. El teslàmetre indica el camp magnètic mesurat aproximadament a la punta de la sonda. Tanmateix, l'efectivitat del teslàmetre no és immediata i ha estat necessari esperar uns minuts perquè s'estabilitzi.

En concloure l'estabilització del teslàmetre, amb l'amperímetre marcant 4.00 A, s'han pres mesures del camp col·locant la sonda al centre de l'espisa. Concretament s'han pres 3 mesures en un sentit del corrent, tres mesures en l'altre i s'ha fet el promig per tal de compensar les fluctuacions del teslàmetre. Aquest procediment ha estat repetit per les tres espises a mesurar.

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

El valor obtingut s'ha comparat amb l'esperat teòricament segons la fórmula obtinguda a partir de la llei de Biot i Savart,

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I N}{2R} \mathbf{e}_z, \quad (3.1)$$

On I és la intensitat que circula per a cada espisa, N el nombre d'espises, R el seu radi i \mathbf{e}_z el vector unitari al llarg de l'eix de les espises. En la secció 3.3.1 es presenten els resultats teòrics i experimentals d'aquest apartat, així com gràfics representant la variació del camp en funció del radi de l'espisa i la variació en funció del nombre d'espises.

3.2.2 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 3.1.

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 interior de la bobina. Començant pel punt immediatament a l'exterior de la bobina s'ha fet avançar la sonda mesurant el camp cada 3 cm (mesurats amb el regle) de manera que n'han resultat 8 mesures a diferents punts de l'eix.

Aquest mateix procediment s'ha repetit per cada bobina diferent i s'han comparat els valors amb els esperats de manera teòrica segons

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I N}{2L} \left(\frac{z + L/2}{\sqrt{R^2 + (z + L/2)^2}} - \frac{z - L/2}{\sqrt{R^2 + (z - L/2)^2}} \right) \mathbf{e}_z, \quad (3.2)$$

on I és la intensitat que circula per la bobina, N és el nombre de voltes de la bobina, L és la seva longitud, 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 al llarg de l'eix.

El valors teòrics i experimentals d'aquest apartat es presenten en la secció 3.3.2.

3.3 Resultats

En aquesta secció es presentaran i s'interpretaran els valors numèrics dels resultats obtinguts juntament amb algunes gràfiques representatives d'aquests resultats.

3.3.1 Espises

Com s'ha mencionat anteriorment, en aquesta secció es presenten els resultats relatius a la part de la pràctica referent a les espises. Primerament es presenta la taula de la figura ?? on apareixen els valors teòrics i experimentals del camp magnètic mesurat al centre de les tres espises de diferents radis.

Taula 3.1: Taula de valors teòrics i experimentals

Radi ($\pm 0.2 \times 10^{-2}$ A)	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 ?? 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 (3.1). 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 $B_{\text{camp}}: \text{camp}$ espisa, on es representa el camp magnètic al centre en funció del radi de l'espisa.

Figura 3.2: 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 observariem si es tinguessin valors infinits de radis d'espises i els seus camps respectius.

La taula taula 3.2 presenta els camp magnètics teòrics i experimentals al centre dels conjunts de 1, 2 i 3 espises.

Taula 3.2: 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 figura 3.3 :

Figura 3.3: Camp al centre en funció del nombre d'espises

Podem veure al gràfic figura 3.3 que aquesta dependència és lineal com s'esperava dels valors teòrics obtinguts a partir de la fórmula equació (3.1). Així doncs, vist que el camp augmenta de manera directament proporcional al nombre d'espises, els resultats d'aquest apartat queden interpretats.

3.3.2 Bobines

Passant als resultats obtinguts per les bobines, comencem amb la bobina de 300 voltes i 33 mm de diàmetre. A la taula de la figura figura 3.4 es mostren els valors teòrics i els experimentals obtinguts juntament amb les seves incerteses del camp a diferents punts de l'interior a l'eix de la bobina:

Figura 3.4: Camp a punts de l'eix de la bobina de 33 mm

Podem observar que els diferents valors de camp coincideixen en la seva majoria. Tanmateix, en els punts més exteriors hi ha algunes incompatibilitats pel que fa als valors teòrics i experimentals. Aquestes diferències es deuen a la dificultat experimental per detectar l'acabament real de la bobina juntament amb el fet que teòricament el camp a l'exterior de la bobina decau molt ràpidament. No obstant, s'observa també el fet més rellevant: l'augment gradual del camp fins el punt més central on aquest és màxim i la posterior disminució del camp a mesura que els punts s'allunyen del centre. Aquest fet era el que s'esperava i el que indicaven els valors teòrics i s'ha pogut comprovar empíricament amb una precisió considerable.

Pel que fa a les bobines de 26 mm de diàmetre, s'exposa a la figura figura 3.5 una taula amb els valors empírics i a la figura figura 3.6 una altra amb els valors teòrics del camp a punts interiors de cadascuna.

Figura 3.5: Valors experimentals del camp a les bobines

Els valors teòrics i els experimentals es comporten com en la bobina anterior. Tots els valors coincideixen en els seus intervals, exceptuant alguns valors a punts molt exteriors a la bobina que, pels efectes comentats anteriorment, presenten diferències. A part d'això, en aquest cas, a més d'observar correctament el mateix fet que en la bobina anterior, que el camp augmenta a l'entrar a la bobina i és màxim al centre, també observem l'efecte d'augmentar el nombre d'espises. Com esperàvem, el camp magnètic a l'interior de la bobina augmenta amb el nombre de voltes de la bobina. L'efecte teòric que s'esperava ha estat doncs confirmat per les observacions experimentals que indiquen aquest mateix fet.

Figura 3.6: Valors teòrics del camp a les bobines

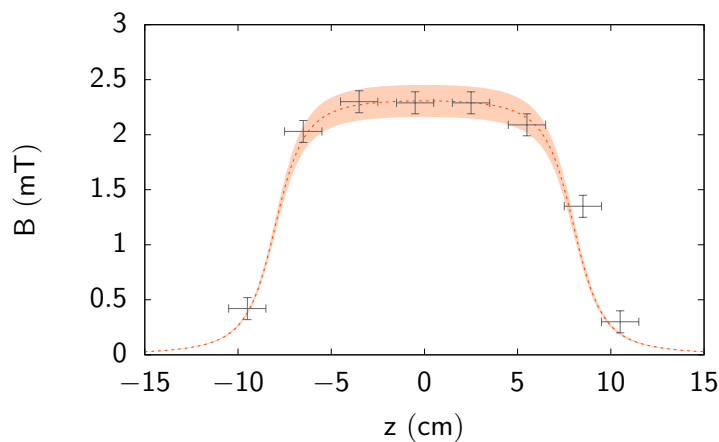


Figura 3.7: Camp magnètic al llarg de l'eix d'una espira de 300 voltes, longitud 16 cm i diàmetre 3.3 cm per la que hi passa un corrent constant de 1 A.

3.4 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. Els resultats més rellevants de la pràctica han estat els següents:

1. El camp magnètic al centre d'una espira disminueix proporcionalment a $\frac{1}{R}$ amb el radi.
2. L'augment del nombre d'espises fa augmentar de manera lineal el camp al seu centre.
3. El camp magnètic a l'eix d'una bobina és màxim en el seu centre.
4. El camp magnètic d'una bobina augmenta amb el nombre de voltes d'aquesta.

Es pot concloure per tant que la pràctica s'ha realitzat satisfactòriament.

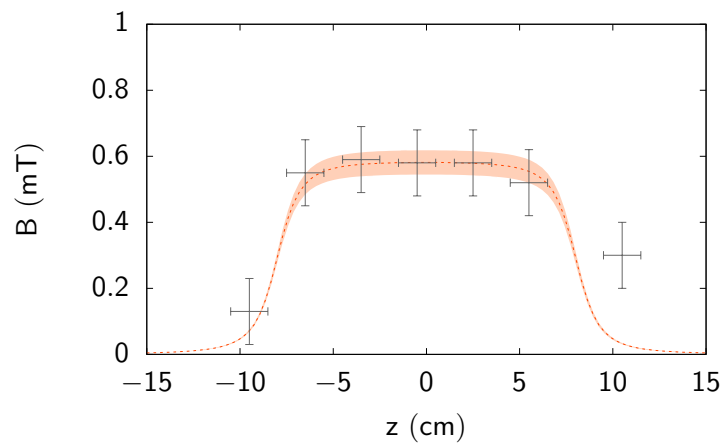


Figura 3.8: Camp magnètic al llarg de l'eix d'una espira de 75 volts, longitud 16 cm i diàmetre 2.6 cm per la que hi passa un corrent constant de 1 A.

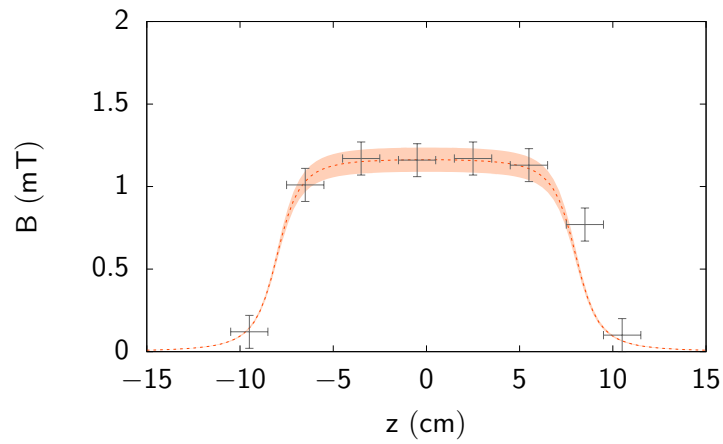


Figura 3.9: Camp magnètic al llarg de l'eix d'una espira de 150 volts, longitud 16 cm i diàmetre 2.6 cm per la que hi passa un corrent constant de 1 A.

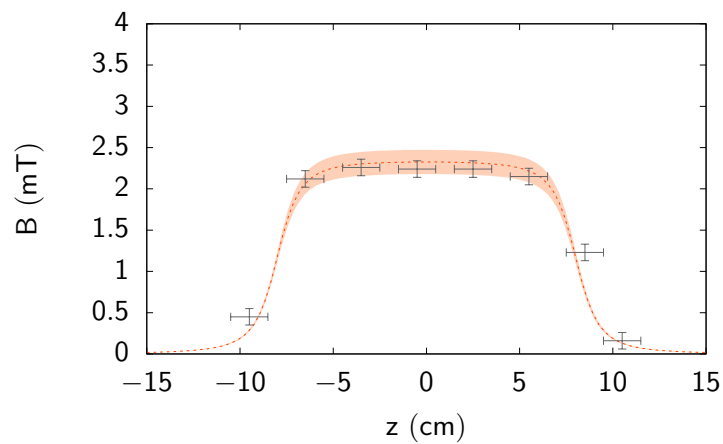


Figura 3.10: Camp magnètic al llarg de l'eix d'una espira de 300 volts, longitud 16 cm i diàmetre 2.6 cm per la que hi passa un corrent constant de 1 A.