

Laboratori d'Electromagnetisme

Sandro Barissi, Adrià Marín, Arnau Mas, Robert Prat

2018

Índex

Informes	3
1 Representació de camps	4
1.1 Introducció	4
1.2 Mètode experimental	5
1.3 Resultats i discussió	6
1.3.1 Condensador	6
1.3.2 Fils paralels	7
1.3.3 Distribució lliure	7
1.4 Conclusions	7
2 Força entre corrents	9
2.1 Introducció i objectius	9
2.2 Mètode experimental	9
2.2.1 Força i intensitat	10
2.2.2 Força i distància	10
2.2.3 Camp magnètic terrestre	11
2.3 Resultats	11
2.3.1 Força i intensitat	11
2.3.2 Força i distància	11
2.3.3 Camp Magnètic Terrestre	12
2.4 Conclusions	13
3 Circuits RLC en sèrie	14
3.1 Introducció	14
3.2 Mètode experimental	15
3.2.1 Règim transitori	15
3.2.2 Règim estacionari	16
3.3 Resultats	17
3.3.1 Règim transitori	17
3.3.2 Règim estacionari	17
3.4 Conclusions	17
3.4.1 Règim transitori	17
4 Inductància mútua i transformadors	18
4.1 Introducció	18
4.2 Mètode experimental	18
4.2.1 Estudi simplificat	18
4.2.2 Estudi com a circuit	19
4.3 Presentació dels resultats	19

4.3.1	Estudi simplificat	19
4.3.2	Estudi com a circuit	20
4.4	Conclusions	22
5	Informe 5	23
5.1	Introducció	23
5.2	Mètode experimental	23
5.3	Resultats	24
5.4	Conclusions	24
6	Camps magnètics d'espires i bobines	25
6.1	Introducció	25
6.2	Mètode experimental	25
6.2.1	Espires	25
6.2.2	Bobines	26
6.3	Resultats	27
6.3.1	Espires	27
6.3.2	Bobines	28
6.4	Conclusions	28
A	Annexos	31
A.1	Annex	31

Informe 2

Força entre corrents

Aquest informe presenta els resultats de l'estudi de la força exercida entre dos corrents paral·lels pels quals hi circula la mateixa intensitat. Concretament, s'ha provat experimentalment la dependència lineal entre la força i el quadrat de la intensitat i entre la força i l'invers de la distància entre els fils.

A més, s'ha trobat experimentalment el valor de la constant μ_0 a partir de la llei de Biot-Savart, $\mu_0 = (1.25 \pm 0.04) \times 10^{-6} \text{ N A}^{-2}$ i $\mu_0 = (3.0 \pm 0.4) \times 10^{-6} \text{ N A}^{-2}$. El primer valor és consistent amb el tabulat, mentre que el segon només n'és de l'ordre.

Finalment, s'ha mesurat la component horitzontal del camp magnètic terrestre, obtenint un valor de $B = (1.59 \pm 0.18) \times 10^{-5} \text{ T}$ de l'ordre del que descriuen altres articles.

2.1 Introducció i objectius

Quan un fil de longitud L pel qual hi passa un corrent I és sotmès a un camp magnètic uniforme de mòdul B experimenta una força proporcional a aquestes tres quantitats i perpendicular tant al fil com al camp magnètic. És a dir

$$F = BIL. \quad (2.1)$$

Per la llei d'Ampère sabem que el camp magnètic a distància r d'un fil d'aquestes característiques és

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r},$$

de manera que deduïm que la força entre dos cables paral·lels pels quals hi passa corrent en el mateix sentit és atractiva i val

$$F = \frac{\mu_0 I^2 L}{2\pi r}. \quad (2.2)$$

L'objectiu principal d'aquesta pràctica és avaluar experimentalment aquestes relacions. És a dir, s'han fet mesures de la força entre dos fils a diferents corrents i separacions amb l'objectiu d'observar les relacions $F \propto I^2$ i $F \propto r^{-1}$. A més, amb aquestes mesures es pot donar un valor de la constant μ_0 .

Finalment també s'ha pogut mesurar el valor de la component radial del camp magnètic terrestre.

2.2 Mètode experimental

Totes les mesures s'han pres en una balança de corrents. La figura 2.1 mostra un esquema del dispositiu, amb els elements principals.

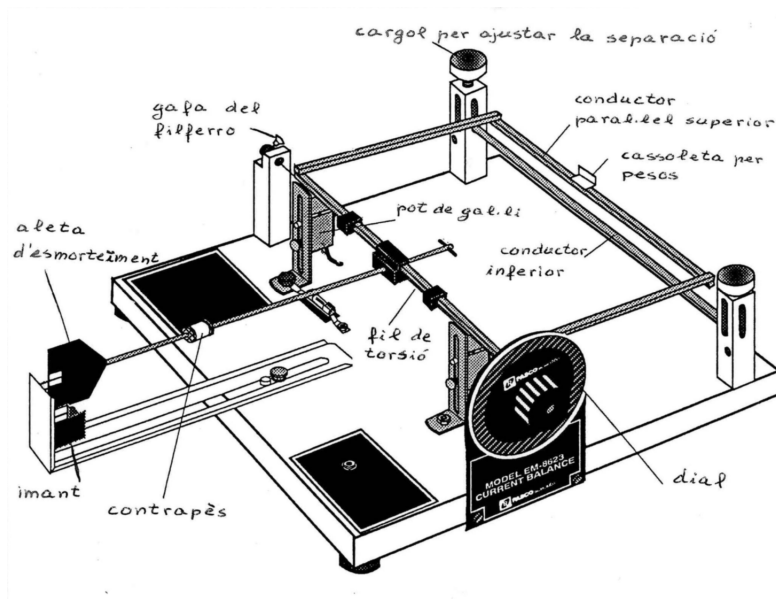


Figura 2.1: Esquema de la balança de corrents amb els principals elements

La balança disposa de dues maneres de determinar la força entre els corrents. Per una banda, disposa d'una cassoleta de pesos on col·locar diferents masses. Sabent que, en el moment que la balança es troba equilibrada, la força gravitatòria sobre la massa és igual a la força entre els corrents es pot determinar aquesta última. Per altra banda, la balança també disposa d'un dial i un fil de torsió que poden contrarrestar la força entre els corrents. Sabent que la relació entre els graus que rota el dial i la força que fa és lineal i coneixent la constant de proporcionalitat, es pot determinar també la força entre els corrents.

Cal mencionar que els corrents s'han disposat en direcció nord-sud terrestre per tal que el camp magnètic de la Terra no influís en els resultats.

Cal també comentar que el valor que s'ha pres com a acceleració de la gravetat és 9.80665 m s^{-2} amb incertesa menyspreable en comparació amb la resta d'incerteses que puguin introduir les mesures. S'han pres també sense incertesa els valors de les masses proporcionades al laboratori.

2.2.1 Força i intensitat

Per aquesta part de la pràctica s'ha mesurat la intensitat necessària per compensar la força gravitatòria exercida sobre el cable superior per masses de 5, 10, 15, 20 i 25 mg, un cop havent fixat la distància entre corrents en 8.1 mm. Posteriorment s'ha aplicat una regressió lineal entre la força i el quadrat de la intensitat per comprovar la relació predita per l'equació (2.2).

2.2.2 Força i distància

En aquesta part, s'ha fixat una intensitat i s'ha anat variant la distància entre els cables. Per cada distància desitjada s'ha determinat la força entre els corrents a partir del mecanisme el fil de torsió. Amb les dades preses s'ha fet una regressió lineal entre la força

i l'invers de la distància per verificar la relació predita per l'equació (2.2). A partir del pendent obtingut en la regressió i l'equació (2.2) s'ha determinat experimentalment la constant μ_0 .

2.2.3 Camp magnètic terrestre

Per aquesta part de l'experiment s'han orientat els fils en direcció est-oest de manera que fossin perpendiculars al camp magnètic terrestre —podem, en bona aproximació, suposar que és constant i en la direcció nord-sud—.

Posteriorment, s'ha fet circular una intensitat fixa només pel fil superior i s'ha determinat la força que patia a través del dial i el fil de torsió. El camp magnètic s'ha determinat a partir de l'equació (2.1).

Com que la força magnètica sobre un fil que porta una intensitat és perpendicular tant al fil com al camp magnètic que la provoca, la disposició de la balança (on els fils es troben sempre horitzontals i només podem mesurar la força vertical sobre ells) fa impossible la mesura de la component radial del camp magnètic, ja que requeriríem d'un mètode per mesurar la força horitzontal que pateix el fil.

2.3 Resultats

2.3.1 Força i intensitat

La taula 2.1 mostra les mitjanes de les intensitats necessàries per contrarrestar la força gravitatòria de les diferents masses usades, essent la distància entre els fils de 8.1 mm. La taula A.1 de l'annex mostra totes les dades per a cada massa.

Taula 2.1: Intensitat mitjana necessària per contrarrestar la força gravitatòria de cada massa.

Massa (mg)	Intensitat (A)
5	2.62 ± 0.10
10	3.62 ± 0.18
15	4.49 ± 0.15
20	5.19 ± 0.18
25	5.8 ± 0.3

Si
anem
curts
d'es-
pai el
que pri-
mer
que
treuria
són les
taules

Amb els valors presentats a la taula 2.1 s'ha fet una regressió lineal entre la força entre corrents i el quadrat de la intensitat, figura 2.2.

El valor obtingut del pendent de la recta de regressió es de $(7.35 \pm 0.08) \times 10^{-6} \text{ N A}^{-2}$. A partir d'aquest valor i l'equació (2.2) s'ha determinat $\mu_0 = (1.25 \pm 0.04) \times 10^{-6} \text{ N A}^{-2}$ que és compatible amb el valor tabulat.

2.3.2 Força i distància

Primerament, a través d'una regressió lineal amb un factor de correlació $r^2 = 0.985$ s'ha determinat la dependència lineal entre la força exercida pel fil de torsió i la rotació del dial, amb un valor de la constant de proporcionalitat de $k = (3.2 \pm 0.2) \times 10^{-7} \text{ N}$. Les

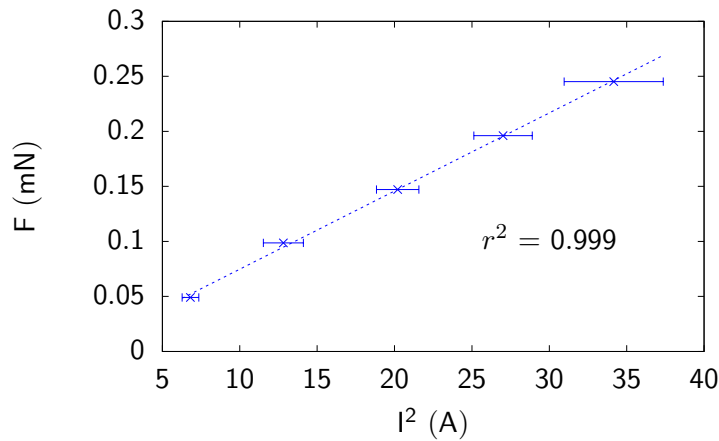


Figura 2.2: Força en funció del quadrat del corrent

dades de la regressió es poden veure a la taula A.2 i a la figura A.1. Així, la força es pot determinar per

$$F = k\theta \quad (2.3)$$

S'ha fixat una intensitat constant de $I = (5.37 \pm 0.02)$ A i s'ha mesurat la rotació necessària del dial per contrarrestar la força entre corrents. La taula 2.2 mostra els resultats.

Taula 2.2: Rotació del dial necessària per contrarrestar la força entre corrents a diferents distàncies. La intensitat, fixa, és de $I = (5.37 \pm 0.02)$ A.

Separació (± 0.001 m)	Rotació ($\pm 1^\circ$)
0.010	64
0.009	63
0.008	65
0.007	87
0.006	129
0.005	186

Amb les dades de la taula 2.2 s'ha realitzat una regressió lineal entre la força entre corrents, calculada a partir de l'equació (2.3), i l'invers de la distància, figura 2.3.

El pendent obtingut a partir de la regressió és $(4.1 \pm 0.6) \times 10^{-6}$ N m. A partir d'aquest valor i l'equació (2.1) s'ha determinat experimentalment el valor de la constant $\mu_0 = (3.0 \pm 0.4) \times 10^{-6}$ N A⁻². El resultat no és consistent amb el valor tabulat, possiblement per interferències amb altres elements, però sí de l'orde del valor acceptat.

2.3.3 Camp Magnètic Terrestre

La taula 2.3 mostra tres mesures d'intensitat i les respectives rotacions del dial per tal de compensar la força que el cable pateix degut a la component radial del camp magnètic terrestre. La força s'obté a partir de l'equació (2.3), i el camp a partir de l'equació (2.2).

D'aquesta manera, obtenim, a partir de la mitjana aritmètica dels valors de la taula 2.3, un valor de la component radial del camp magnètic terrestre de $B = (1.59 \pm 0.18) \times 10^{-5}$

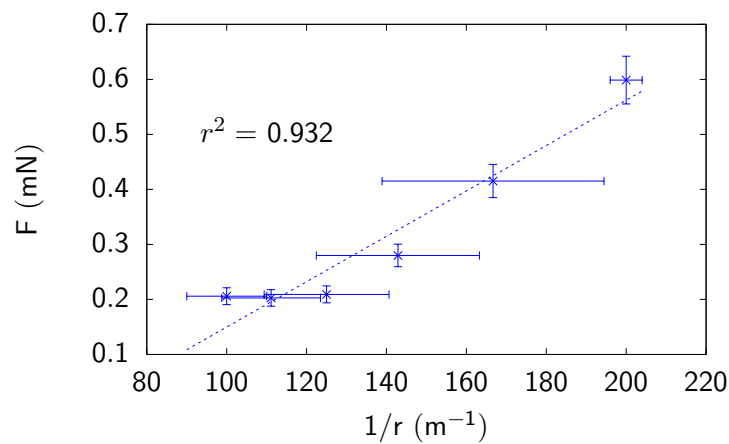


Figura 2.3: Força en funció de l'invers de la separació

Taula 2.3: Mesures de la component radial del camp magnètic terrestre

Intensitat ($\pm 0.01 \text{ A}$)	Rotació ($\pm 0.01^\circ$)	Camp magnètic (10^{-5} T)
6.06	8	1.4 ± 0.3
6.13	8	1.4 ± 0.3
6.57	12	2.0 ± 0.4

T. El resultat no és consistent amb el valor tabulat del camp magnètic a Madrid l'any 1975, possiblement per interferències amb altres elements, però sí que n'és de l'ordre.

2.4 Conclusions

Aquesta experiència s'ha realitzat prenent mesures en una balança de corrents, que permet obtenir la força magnètica que s'exerceixen dos fils paral·lels suportant intensitats iguals a partir del pes de certes masses o de la rotació d'un dial connectat a un fil de torsió.

Els resultats obtinguts demostren experimentalment la relació lineal entre la força magnètica que s'exerceixen dos fils paral·lels pels quals hi circula la mateixa intensitat i el quadrat d'aquesta intensitat, així com entre la força i l'invers de la distància entre els fils.

Els experiments també han permès determinar experimentalment la constant μ_0 , obtenint valors de $\mu_0 = (1.25 \pm 0.04) \times 10^{-6} \text{ N A}^{-2}$ i $\mu_0 = (3.0 \pm 0.4) \times 10^{-6} \text{ N A}^{-2}$. Mentre que el primer és consistent amb el valor tabulat, el segon només n'és de l'ordre.

Finalment, s'ha pogut mesurar la component horitzontal del camp magnètic terrestre, també amb l'ajuda de la balança de corrents, obtenint un valor de $B = (1.59 \pm 0.18) \times 10^{-5} \text{ T}$. Aquesta mesura, tot i estar, molt possiblement, contaminada per soroll i altres efectes del laboratori, és consistent amb l'ordre de magnitud que descriuen altres articles.