

# **Laboratori d'Electromagnetisme**

Sandro Barissi, Adrià Marín, Arnau Mas, Robert Prat

2018

# Índex

<b>Informes</b>	<b>2</b>
<b>1 Força entre corrents</b>	<b>3</b>
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 . . . . .	4
1.3 Resultats . . . . .	5
1.3.1 Força vs. Intensitat . . . . .	5
1.3.2 Força vs. Distància . . . . .	5
1.3.3 Camp Magnètic Terrestre . . . . .	5
1.4 Conclusions . . . . .	5
<b>A Annexos</b>	<b>9</b>
A.1 Annex . . . . .	9
<b>Annexos</b>	<b>9</b>

## Informe 1

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

*Finalment, s'ha mesurat la component radial 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.*

## 1.1 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

$$F = BIL. \quad (1.1)$$

En particular, com que el camp magnètic a distància  $r$  un fil d'aquestes característiques és, en bona aproximació si  $L \ll r$  és

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

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

$$F = \frac{\mu_0 I^2 L}{2\pi r}. \quad (1.2)$$

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  $\mu_0$ .

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

## 1.2 Mètode experimental

Totes les mesures s'han pres en una balança de corrents. La figura 1.1 mostra un esquema del dispositiu, amb els elements principals.

La balança disposa de dos 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 l'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

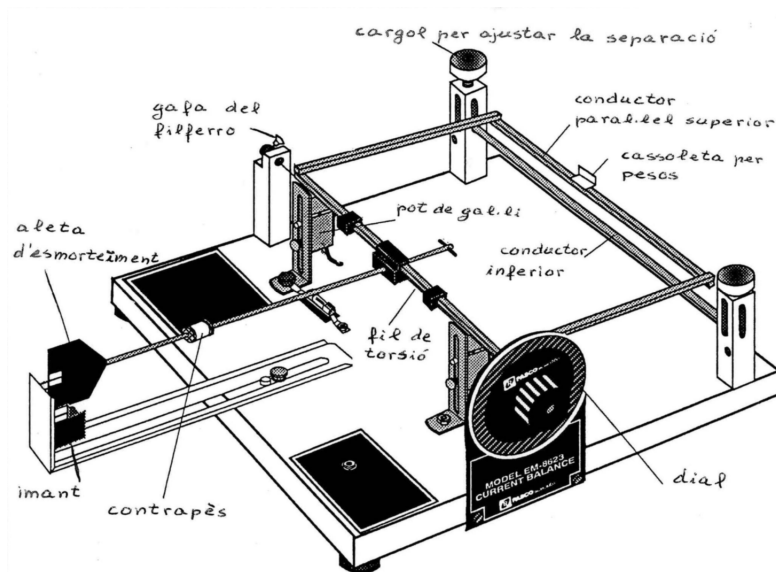


Figura 1.1: Esquema de la balança de corrents amb els principals elements

corrents.

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

Cal també comentar que el valor que s'ha pres com a acceleració de la gravetat és  $9.806\,65\text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  sense incertesa, ja que s'ha considerat que és menyspreable enfront a la resta d'incerteses que puguem tenir. S'han pres també sense incertesa els valors de les masses proporcionades al laboratori.

### 1.2.1 Força vs. 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. Posteriorment s'ha aplicat una regressió lineal entre la força i el quadrat de la intensitat per comprovar-ne la correlació predita per l'equació (1.2).

### 1.2.2 Força vs. Distància

En aquesta part, s'ha fixat una intensitat i s'ha anat variant la distància entre els cables amb els cargols disposats amb aquest fi. Per cada distància desitjada s'ha determinat la força entre els corrents a partir del dial i el fil de torsió. A les dades preses se'ls hi ha aplicat una regressió lineal entre la força i l'invers de la distància de separació per comprovar la correlació predita per l'equació (1.2). A partir del pendent obtingut en la regressió i l'equació (1.2) s'ha determinat experimentalment la constant  $\mu_0$ .

### 1.2.3 Camp Magnètic Terrestre

Per aquesta part de l'experiència s'han orientat els corrents en direcció est-oest per tal que influís la component radial del camp magnètic terrestre. Per la disposició de la balança i el fet que la força que un camp magnètic exerceix sobre un corrent és perpendicular al pla que defineixen no es pot determinar la component horitzontal del camp magnètic terrestre.

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 (1.1).

## 1.3 Resultats

### 1.3.1 Força vs. Intensitat

La taula 1.1 mostra les mitjanes de les intensitats necessàries per contrarrestar la força gravitatòria de les diferents masses usades. La taula A.1 de l'annex mostra totes les dades per a cada massa.

Amb els valors presentats a la taula 1.1 s'ha fet una regressió lineal entre la força entre corrents i el quadrat de la intensitat. La regressió, amb un coeficient  $r^2 = 0.999$ , es presenta a la figura 1.2.

El valor obtingut del pendent de la recta de regressió es de  $m = (7.35 \pm 0.08) \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$ . A partir d'aquest valor i l'equació (1.2) s'ha determinat  $\mu_0 = (1.25 \pm 0.04) \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$  que és compatible amb el valor tabulat.

### 1.3.2 Força vs. 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 dades de la regressió es poden veure a la taula A.2 i a la figura A.1, ambdues a l'annex. Així, la força es pot determinar per

$$F = k\theta \quad (1.3)$$

S'ha fixat una intensitat constant de  $I = (5.37 \pm 0.02) \text{ A}$  i s'ha mesurat la rotació necessària del dial per contrarrestar la força entre corrents. La taula 1.2 mostra els resultats.

Amb les dades de la taula 1.2 s'ha realitzat una regressió lineal entre la força

entre corrents, calculada a partir de l'equació (1.3), i l'invers de la distància. La regressió, amb un coeficient  $r^2 = 0.932$ , es pot veure a la figura 1.3.

El pendent obtingut a partir de la regressió és  $(4.1 \pm 0.6) \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}$ . A partir d'aquest valor i l'equació (1.1) s'ha determinat experimentalment el valor de la constant  $\mu_0 = (3.0 \pm 0.4) \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$ . El resultat no és consistent amb el valor tabulat, possiblement per interferències amb altres elements, però sí de l'ordre del valor acceptat.

### 1.3.3 Camp Magnètic Terrestre

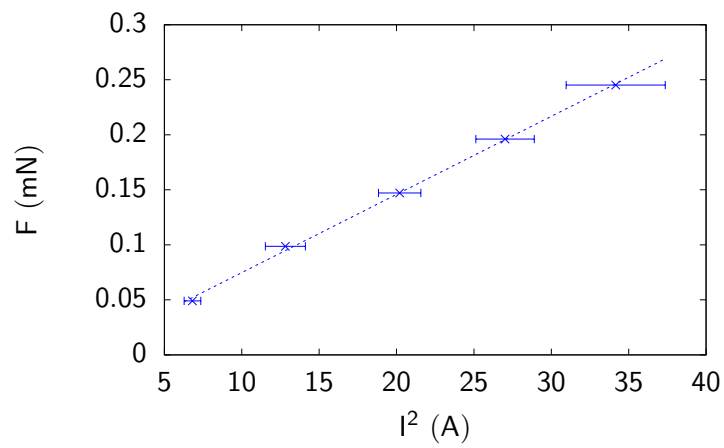
La taula 1.3 mostra tres mesures d'intensitat i les respectives rotacions del dial per tal de compensar la força que el cable pateix degut a la component radial del camp magnètic terrestre. La força s'obté a partir de l'equació (1.3), i el camp a partir de l'equació (1.2).

D'aquesta manera, obtenim, a partir de la mitjana aritmètica dels valors de la taula 1.3, un valor de la component radial del camp magnètic terrestre de  $B = (1.59 \pm 0.18) \times 10^{-5} \text{ T}$ . 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.

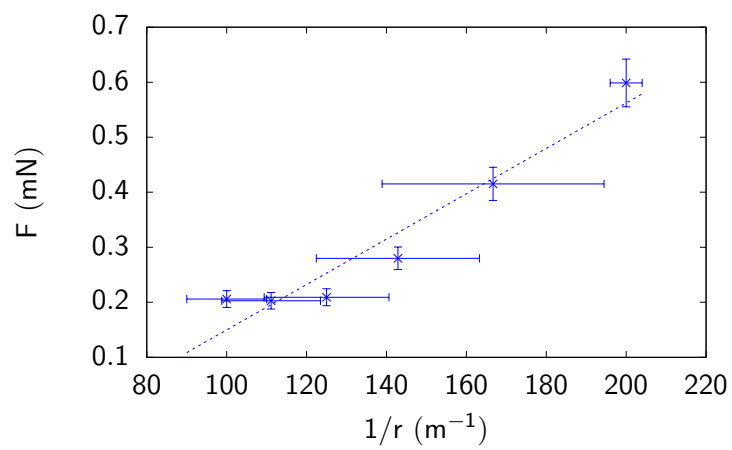
## 1.4 Conclusions

Concloem, primer de tot, que existeix una relació lineal entre la força exercida entre dos corrents com els descrits i el quadrat de la intensitat que hi circula, així com amb l'invers de la distància a què es troben, tal com prediu la llei de Biot-Savart.

A més, s'ha pogut determinar experimentalment l'ordre de la constant  $\mu_0$  a partir de dues regressions lineals i l'assumpció que la llei de Biot-Savart és vàlida. Les possibles discrepàncies amb el



**Figura 1.2:** Força en funció del quadrat del corrent



**Figura 1.3:** Força en funció de l'invers de la separació

valor real es creuen degudes a possibles interferències amb elements del laboratori o a errors sistemàtics.

Finalment, s'ha determinat també l'ordre del valor de la component radial del camp magnètic terrestre, que coincideix amb el valor tabulat. La component tangencial no s'ha pogut mesurar degut a la disposició de la balança.

**Taula 1.1:** Intensitat mitjana necessària per contrarrestar la força gravitatòria de cada massa.

Massa (mg)	Intensitat (A)	Incertesa en la 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

**Taula 1.2:** Rotació del dial necessària per contrarrestar la força entre corrents a diferents distàncies. La intensitat, fixa, és de  $I = (5.37 \pm 0.02) \text{ A}$ .

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

**Taula 1.3:** Mesures de la component radial del camp magnètic terrestre

Intensitat (A) ( $\pm 0.01 \text{ A}$ )	Rotació ( $^{\circ}$ ) ( $\pm 0.01^{\circ}$ )	Camp magnètic (nT)	Incertesa (nT)
6.06	8	$1.4 \times 10^4$	$0.3 \times 10^4$
6.13	8	$1.4 \times 10^4$	$0.3 \times 10^4$
6.57	12	$2.0 \times 10^4$	$0.4 \times 10^4$



## Annex A

# Annexos

### A.1 Annex

S'ha de decidir l'estructura dels annexos

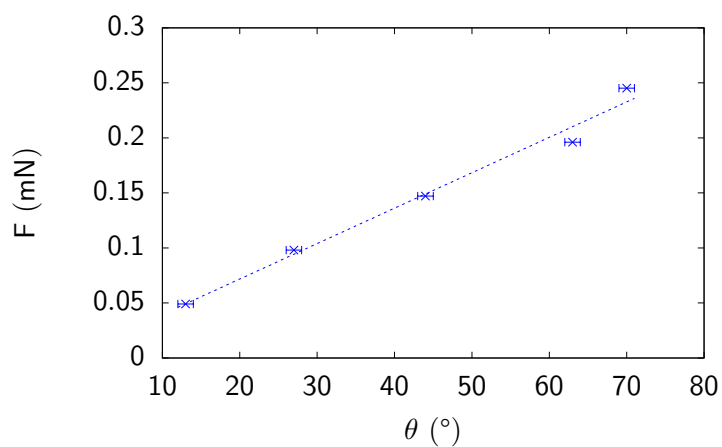
**Taula A.1:** Mesures de la intensitat necessària per contrarrestar la força gravitatòria de cada massa

No sé com fer aquesta taula

Massa (mg)					
5	10	15	20	25	
2.62	3.70	4.47	5.10	6.05	
2.55	3.40	4.46	5.29	5.99	
2.65	3.58	4.63	5.33	5.94	
2.62	3.64	4.42	5.07	5.40	
2.60	3.71	4.50	5.10	5.21	
2.57	3.68	4.48	5.11	5.63	

**Taula A.2:** Dades de la regressió lineal entre la força del fil de torsió i la rotació del dial

Mass (mg)	Rotació (°) ( $\pm 1^\circ$ )
5	13
10	27
15	44
20	63
25	70



**Figura A.1:** Força en funció de la rotació del dial