

6 MESURA DEL CAMP MAGNÈTIC TERRESTRE

Resum. La Terra genera un camp magnètic. La forma de les línies de camp és semblant a la que crearia un gran imant situat prop del centre de la Terra. L'objectiu d'aquest treball és mesurar la component horitzontal i el mòdul del vector camp magnètic al laboratori.

6.1 Fonaments

La Terra, igual que altres planetes, genera un camp magnètic. La forma de les línies de camp és semblant a la que crearia un gran imant situat prop del centre de la Terra, aproximadament alineat amb l'eix de gir, però amb el pol sud dirigit cap al nord geogràfic (figura 1).

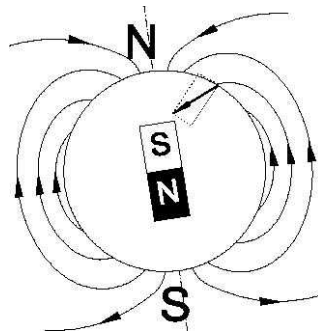


Figura 1

Així, a cada punt de la superfície terrestre el vector camp magnètic té dues components: una horitzontal, que apunta aproximadament cap al nord geogràfic, i una de vertical, perpendicular a la superfície i que a l'equador és nul·la.

El nostre objectiu és mesurar al laboratori la component horitzontal (B_h), i també la vertical (B_v) del camp magnètic terrestre B . La component horitzontal és la que figura en els mapes magnètics de la superfície terrestre, on es veu com varia considerablement amb la latitud. A la nostra latitud la component vertical és de magnitud comparable a l'horitzontal.

6.2 Dispositiu experimental

- 1 brúixola d'inclinacions. Serveix per determinar la inclinació del vector B a la nostra latitud.
- 1 brúixola horitzontal, formada per un imant amb una agulla indicadora que forma un angle de 90° amb aquest, suspès sobre un punt amb molt poca fricció. Si l'imant està ben equilibrat, es manté sempre en el pla horitzontal i llavors s'orienta segons la direcció de la component horitzontal del camp magnètic terrestre o de la component horitzontal del camp resultant, si n'hi ha un altre superposat.

- 2 bobines iguals, de radi R , N espires i separades una distància R (*bobines de Helmholtz*), mitjançant les quals crearem un camp magnètic de valor conegut que superposarem al terrestre. Aquest camp és molt homogeni en la regió central de les dues bobines on està col·locada la brúixola horitzontal. Quan per las bobines circula un corrent d'intensitat I el seu valor ve donat per:

$$B_b = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \frac{\mu_0 NI}{R} \quad (1)$$

amb $N = 130$ espires, $R = 0,145$ m, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m.

- 1 font d'alimentació amb amperímetre incorporat per alimentar les bobines de Helmholtz.

6.3 Procediment experimental

6.3.1 Determinació de la direcció de B amb la “brúixola d'inclinacions”

La inclinació magnètica és l'angle que forma la direcció del camp magnètic terrestre amb la direcció horitzontal. La figura 2 il·lustra el procediment que s'ha de seguir per determinar-la. Se situa el goniòmetre en posició horitzontal i llavors la brúixola indicarà el nord magnètic. Es gira el suport sobre la taula de manera que el 0 del goniòmetre coincideixi amb aquest nord magnètic. Llavors, es fa girar el goniòmetre sobre el seu eix fins al pla vertical, i la brúixola s'orientarà en la direcció del camp magnètic terrestre total i sobre el goniòmetre indicarà la inclinació magnètica. Preneu nota de la inclinació mesurada i de l'interval d'error en l'angle que s'aprecii.

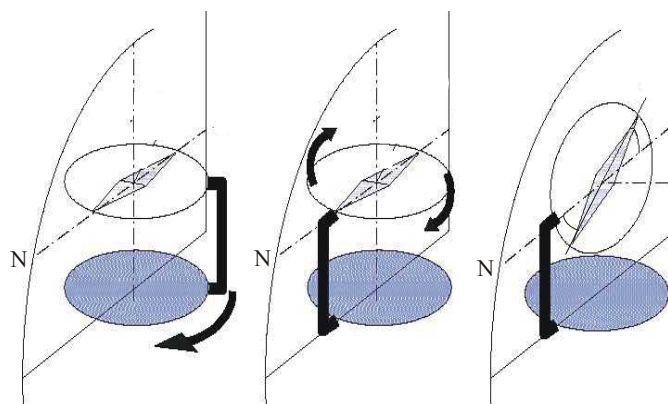


Figura 2

6.3.2 Determinació de la component horitzontal del camp magnètic terrestre

6.3.2.1 Mètode de la brúixola de tangents

Consisteix a superposar a la component horitzontal del camp magnètic terrestre B_h un camp conegut B_b horitzontal (creat per les bobines) i de direcció perpendicular a B_h (figura 3). Una agulla imantada (brúixola) sempre s'orienta en la direcció del camp magnètic total (B_{Total}). El gir d'angle α que esdevé en superposar B_b , permet de calcular B_h segons:

$$B_h = \frac{B_b}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (2)$$

Una mesura més acurada s'obté ajustant amb una recta de regressió una col·lecció de valors $\tan \alpha$ (B_b). Orienteu l'eix de les bobines perpendicularment al camp magnètic terrestre girant el suport de fusta i comprovant la perpendicularitat amb l'orientació de la brúixola.

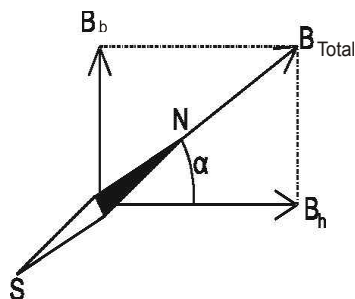


Figura 3. Mètode de la brúixola de tangents.

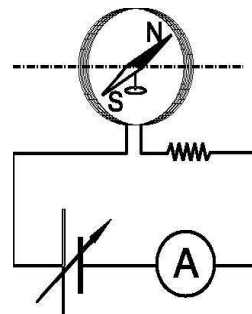


Figura 4

Munteu el circuit descrit en la figura 4. Feu passar per les bobines un corrent d'intensitat I que creï en el seu eix un camp B_b de l'ordre de magnitud del terrestre. Anoteu els valors de l'angle α obtinguts per a diferents intensitats compreses entre 0 i 100 mA i feu el mateix per a corrents de sentit contrari.

6.3.2.2 Mètode del pèndol magnètic

Es basa en el fet que una agulla imantada dintre d'un camp magnètic es comporta com un pèndol (*pèndol magnètic*). Si el seu moment d'inèrcia A és prou gran i les forces de fricció són prou petites, pot efectuar diverses oscil·lacions abans d'aturar-se. Mesurant el temps d'unes quantes oscil·lacions, es pot determinar acuradament el període d'una oscil·lació. Aquest període (*període del pèndol magnètic*) depèn de la component horitzontal del camp magnètic total en el lloc on està situada l'agulla, B_{Total} , segons l'expressió (3), on A és el moment d'inèrcia del pèndol i M n'és el moment magnètic. Aquestes dues magnituds no són conegudes, per la qual cosa, conegut T , no podem determinar directament B_{Total} .

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{A}{M B_{Total}}} \quad (3)$$

Per aquesta raó i per tal de determinar B_h , superposem paral·lelament al camp terrestre B_h diferents camps magnètics B_b , i utilitzarem l'expressió (3) en la forma següent, $B_{Total} = B_h \pm B_b$ i:

$$\frac{1}{T^2} = \frac{1}{(2\pi)^2} \frac{M}{A} [B_h \pm B_b] \quad (4)$$

L'anàlisi mitjançant recta de regressió dels punts experimentals $1/T^2$ (B_b) permet, utilitzant (4), determinar B_h .

Gireu 90° el suport per tal que el camp conegut tingui la mateixa direcció que el terrestre. Produïu camps magnètics de sentit paral·lel i antiparal·lel al terrestre i de diferents intensitats, fent circular per les bobines corrents compresos entre 0 i 100 mA en l'un i l'altre sentit. Anoteu els períodes d'oscil·lació de l'agulla. La mesura dels períodes es pot fer fent ballar l'agulla apropant-hi una peça de ferro i mesurant el temps de tres o quatre oscil·lacions. Cal que les oscil·lacions siguin petites (uns 20° com a màxim) perquè l'expressió (3) sigui vàlida.

6.4 Realització de l'informe

En el full de laboratori:

- (a) De 6.3.2.1: Feu una gràfica (I) representant $\tan \alpha$ en funció de B_b , i a partir d'aquesta gràfica, fent una regressió lineal, calculeu el valor de B_h .
- (b) De 6.3.2.2: En una sola gràfica (II), feu una representació provisional de tots els valors d' $1/T^2$ en funció del camp magnètic B_b . Reduïu les dues rectes que apareixen a una sola canviant el signe d' $1/T^2$ als punts d'una d'elles. Ajusteu la recta resultant. A partir d'aquest ajust i tenint en compte (4), deduïu el valor de B_h .
- (c) Quin significat té el punt d'intersecció de la recta obtinguda en la gràfica II amb l'eix d'abscisses? Heu tingut problemes per mesurar el període corresponent a alguna intensitat? En cas afirmatiu, expliqueu quina és la causa d'aquestes dificultats.
- (d) Compareu els valors obtinguts entre si i també amb el valor de la component horitzontal del camp magnètic terrestre a les proximitats de Barcelona, obtinguda en la bibliografia.
- (e) A partir del valor de la component horitzontal i de la inclinació mesurada en l'apartat 3.1, calculeu el mòdul del camp magnètic terrestre a Barcelona.