

# Iragazkortasun magnetikoaren neurketa estatiko eta dinamikoak ingurune ferromagnetikoetan

**Jon Gutierrez Etxebarria**

Elektrika eta Elektronika Saila. Zientzi Fakultatea  
Euskal Herriko Unibertsitatea. P.K. 644 .48080 Bilbo

## Abstract

The parameter that accounts for the response of magnetic materials under the influence of an applied magnetic field (static,  $\mathbf{H}$ , or dynamic,  $\mathbf{h}$ ) is known as the "magnetic susceptibility",  $\chi$ , being its dependence  $\chi(\mathbf{H})$  or  $\chi(\mathbf{h})$ , in the case of ferromagnetic materials, strongly non-linear. Experimental methods for determining these dependences are analyzed in this work.

## Sarrera

Iragazkortasun magnetikoa esanda, ingurune materialek kitzikapen magnetikoarekiko daukaten "erantzuna" ulertzen da,  $\chi$  letraz adierazten delarik. Ingurune ferromagnetikoetan,  $\chi(h)$  edo  $\chi(H)$  ( $h$ , kitzikapen edo eremu magnetiko dinamikoa;  $H$  kitzikapen edo eremu magnetiko estatikoa) iragazkortasunaren kitzikapenarekiko menpekotasuna ez da lineala eta oso balio handira iritsi daiteke. EHU-ko Zientzi Fakultateko Magnetismo-Laborategian bi magnitude horiek neur ditzakegu.

## Iragazkortasun magnetikoaren neurketa estatikoa

$\chi(H)$  iragazkortasun estatikoaren neurketa Faraday-ren metodoan oinarritzen den sis-

tema esperimental baten bitartez egiten da. Gure lagin ferromagnetikoa barra zurrun baten muturrean kokatzen da eta  $H$  eremu magnetiko ez-homogenoaren eragina jasango du.  $H$  eremuaren gradientea eta barra zurrunaren ardatza elkartutak dira. Faraday-ren metodoa ez bezala, laginak  $F$  indar horizontala pairatuko du, eta  $F$  indar horrek lagina oreka-posiziotik kanpo aterako du. Sistema esperimentalak beti lagina bere oreka-posiziora eramango du eta horretarako barraren gainean  $F_c$  konpentsazio-indarrak serbokontrolerako aparatua dela medio eragingo du.

Guzti hau kontutan hartuz,  $M$  imantazioa eta  $\chi$  iragazkortasuna ondoko eran lor ditzakegu:

$$F_c \propto d(MH) / dx = (M/H)(H \cdot dH / dx),$$

$$\chi = M / H,$$

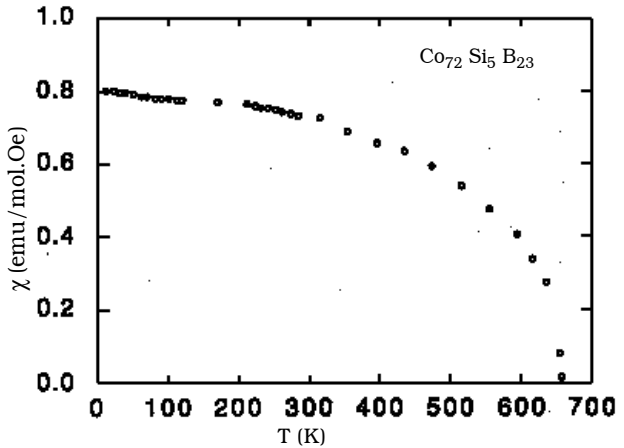
non orain,  $H \cdot dH / dx$ , eremuaren eta bere gradientearen arteko biderkadura konstantea den.

Laginaren posizioa, temperatura eta H eremuaren magnitudea (hau da, laginak jasaten duen eremu magnetikoa) ordenadore batek etengabe kontrolatzen ditu (Ikus 1. irudia). Temperaturaren maila 4 K-etik 900 K-era alda daiteke, bai krios-tatoa (4-300 K; He likidoa erabiliz) eta bai labea (300-900 K) erabilita (Ikus 2. irudia). Aldi berean, H eremuaren balioak  $\pm 20$  kgauss ( $\pm 2$  tesla)-raino hel daitezke.

Ingurune ferromagnetikoen kasuan, laginak oso txikiak izan ohi dira: materialetik 5-10 mg besterik ez dugu behar neurketa ona lortzeko.

**Iragazkortasun magnetikoaren neurketa dinamikoa**

Kasu estatikoan ez bezala, orain H eremu magnetiko estatikoaz aparte beste h eremu dinamiko bat (hau da,  $\omega$  maiztasuna duen korronte alferno batek sorturiko eremua) pairatuko du laginak. Azken honek, orain zintaren



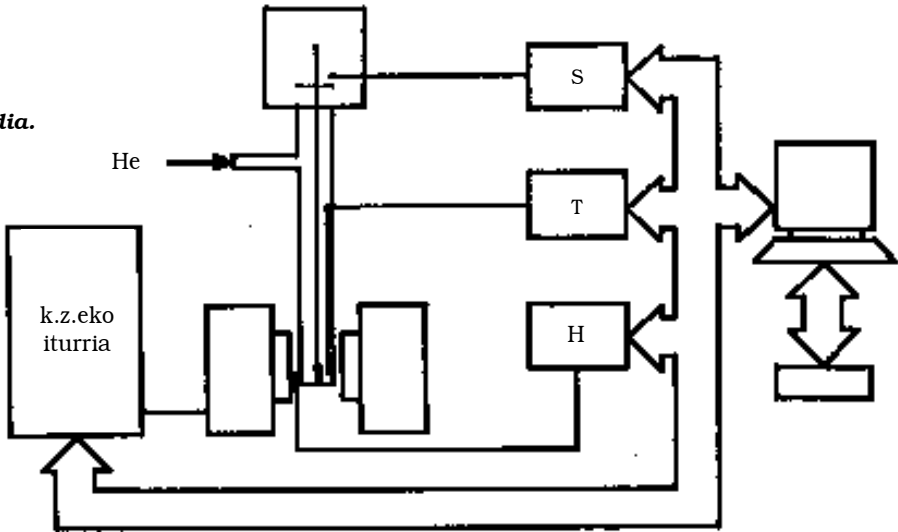
2. irudia.

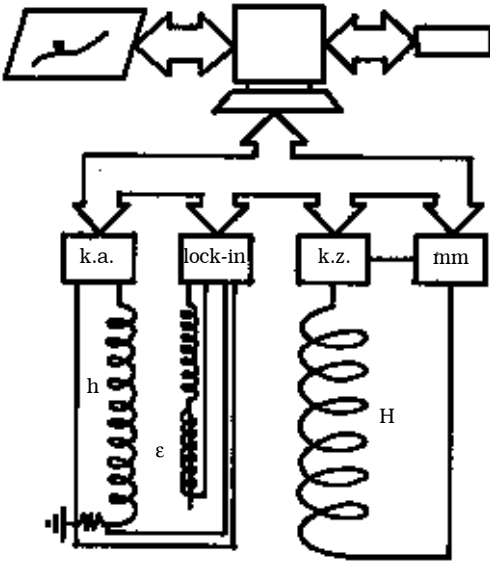
forma edukiko du; hamar zentimetrokoa hain zuzen ere.

Hiru solenoide zentrukidek osatzen dute neurgailu-sistema, eta lagina solenoideen ardatzean kokatuta egongo da. Aipatutako hiru solenoideek honela jokatuko dute:

- i) kanpokoak H eremu estatikoa sortuko du;
- ii) erdian dagoenak h eremu dinamikoa sortuko du;

1. irudia.





3. irudia.

iii) barnekoak laginak induzitutako  $\epsilon$  seinalea hartuko du.

3. irudian ikusten denez, lock-in batek  $\epsilon$  seinalearen zati erreala eta irudikaria neurtuko ditu eta, beraz,  $\epsilon$  seinalearen modulua lor daiteke. Aldi berean, multimetro batek  $I$  korrante zuzenak sortzen duen  $H$  eremu estatikoa aldika neurtzen du.

Sistema osoa ordenadore baten bitartez kontrolatuta dago. Induzitutako  $\epsilon$  seinaletik

ondoko eran lor dezakegu iragazkortasunaren balioa:

$$h = h_0 \sin \omega t, \quad m = m_0 \sin \omega t, \quad m_0 = \chi h_0, \\ |\epsilon| = d\phi / dt, \quad \chi = \epsilon_0 / (\mu_0 N S h_0 \omega).$$

Sistema esperimental honekin hiru motako neurketak egin ditzakegu:

(a) Hasierako iragazkortasuna:

$h$  eremu dinamikoaren oso anplitude txikiak (mOe) erabiliz gero, Rayleigh zonan neurtzen egongo gara. Zona honetan, iragazkortasunaren jokabidea honela adierazten da:  $\chi = \chi_0 + v h$ , non  $\chi_0$ ,  $v$  kantitateei, "hasierako iragazkortasuna" eta "Rayleigh-ren lehen koefizientea" deritzen, hurrenez hurren.  $H = 0$  izan behar du.

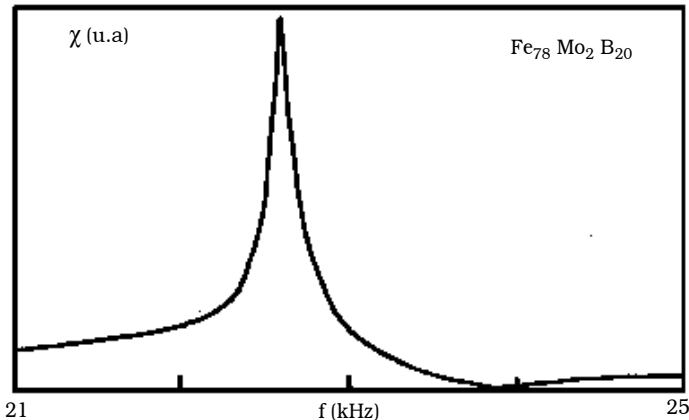
(b)  $\omega$  maiztasunarekiko jokabidea:

Berriro  $H = 0$  izan behar du kasu honetan. Egiten den gauza bakarra  $\omega$  maiztasuna aldatzea da. Horrela,  $\omega$  maiztasunarekiko iragazkortasunaren jokabidea lortzen da,  $10^3$  Hz-etik  $10^5$  Hz-eraino normalean.

(c) Iragazkortasunaren erresonantzia:

Material ferromagnetikoen artean badago talde berezi bat: material ferromagnetiko mag-

4. irudia.



netostriktiboena ( $\lambda_S \neq 0$ , hau da, H eremuaren eraginpean lagainak bere forma aldatuko du). Orain, bai h eremu dinamikoak eta bai H eremu estatikoak eragingo dute laginean.  $\omega_r$  maiztasun konkretu batean iragazkortasunaren gailur zorrotz bat ikusten da; "iragazkortasunaren erresonantzia" hain zuzen ere (Ikus 4. irudia).  $\chi(\omega_a) = 0$  puntuari, "antiresonantzia" deritzo,  $\omega_a$  maiztasuna dagokiolarik. Kasu honetako ezaugarri garrantzitsuena hau da:  $\omega_r$  erresonantziaren maiztasunak H eremu estatikoarekiko menpekotasuna edu-

kitzea, eta beraz, lagainaren konstante elastikorekikoa. Fenomeno honi " $\Delta E$  efektua" deritzo.

Material ferromagnetiko magnetostruktiboak oso erabiliak dira teknologian eta egon badago zenbaki bat, "akoplamendu magnetikoaren koefizientea" deritzona, materialaren erabilgarritasuna adierazten duena:

$$\kappa^2 = (\pi^2 / 8) (1 - \omega_r^2 / \omega_a^2),$$

non  $\kappa$  koefizienteak har dezakeen baliorik handiena 1 den.



### BIBLIOGRAFIA

S. Chikazumi; Physics of Magnetism, Chap. XIV, John Wiley & sons Pub.

B.D. Cullity; Introduction to Magnetic Materials, Chap. 2, Chap. 9, Addison-Wesley Pub. Co.