Mérési jegyzőkönyv

7. számú mérés

Mágneses szuszceptibilitás mérése

Mérést végezte : Kulyassa Róbert
Mérés időpontja : 2000. április 3. (hétfő délelőtt)

1 Mérés elve

Anyagokat mágneses térbe helyezve, a tér hatására az anyagban mágneses dipólmomentum alakul ki, melynek egységnyi térfogatra eső része (első közelítésben) egyenesen arányos a mágneses térerősséggel (H). Az arányossági tényezőt nevezzük mágneses szuszceptibilitásnak, melynek meghatározása mostani feladatunk.

2 Mérés leírása

A méréshez szükséges mágneses teret egy nyílt vasmagú elektromágnes szolgáltatja (az általam használt eszköz kb 1T tér előállítására képes). A tér nagyságát egy Hall szondával mérjük.
Mielőtt konkrétmérési feladatunkra rátérnénk, ennek a szondának a vizsgálatával kell foglalkoznunk.

2.1 Hall szonda hitelesítése

Ha egy vékony lemezen áram folyik és a lemez felületére (és az áramra) merőleges mágneses tér van jelen, akkor a lapocska két széle között (az áram irányára merőlegesen) is feszültség keletkezik. Ez a Hall efektus.
A mi szondánk is ezen az elven méri a térerősséget. A mérés pontossága érdekében, először hitelesítjük a műszert. Ezt úgy végezzük, hogy egy tekerccsel és egy rá kötött integráló voltmérővel is megmérjük a térerőt, és ezen eredményeinket összevetjük a szonda által mutatott Hall-feszültségekkel. A tekercs által érzékelt térerősség:

$$B = \frac{\Delta\Phi}{nF}$$

Itt F az átlagos menetfelület, melyet a következő módon számolunk:

$$F = \frac{1}{r_k - r_b}\int_{r_b}^{r_k} \pi r^2 dr$$

(ahol

- $n = 194$: a tekercs menetszáma
- $r_k = 4.8mm$: a tekercs legbelső meneteinek sugarai

- $r_b = 3.05mm$: a tekercs legkülső meneteinek sugarai)

$$F = \frac{\pi}{3}\frac{r_k^3 - r_b^3}{(r_k - r_b)} = 49.199mm^2 = 49.199 \cdot 10^{-6}m^2$$

Az ezek alapján kiszámolt indukció értékeket a táblázat tartamazza.

$I[A]$	$U_h[mV]$	$\Phi[mVs]$	$B[T]$
0	0.5	0.1	0.0104
0.5	10	1.34	0.1403
1	20.2	2.67	0.2797
1.5	30.3	4.0	0.4190
2	40.3	5.2	0.5447
2.5	51.1	6.6	0.6914
3	60.4	7.8	0.8171
3.5	69.2	9.0	0.9429
4	76.4	10.1	1.0581

Táblázat 1: Hall szonda hitelesítése

A mérési eredményekre egyenest illesztve:

$$B = a \cdot U_h + b \quad , \qquad a = (1363.2 \pm 8.97)10^{-5}\frac{T}{mV} \quad , \qquad b = 0.00204 \pm 0.0042T$$

Mostantól, U_h ismeretében már B-t is ismertnek tekinthetjük.

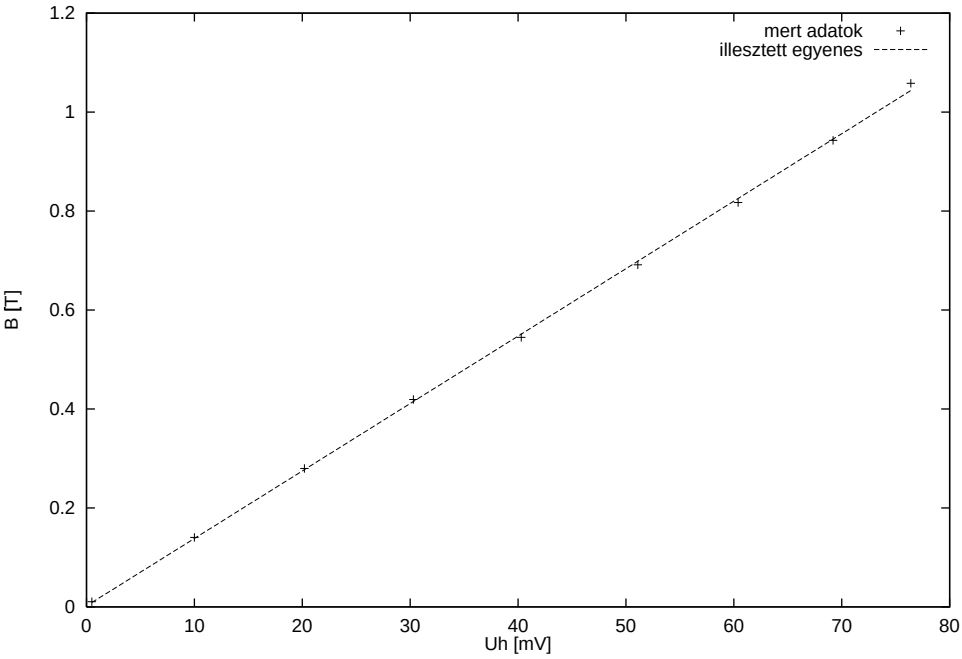
A Hall szonda fontos paramétere az $\frac{R_h}{d}$ (R_h a Hall állandó, d pedig a szonda lapjának vastagsága). Ezt a következő egyenletből határozhatjuk meg:

$$U_h = \frac{R_h}{d} I_h \cdot B$$

I_h az egyetlen új paraméterünk, ez a szondán átfolyó áram (az én mérésem során $I_h = 10mA$)

Felhasználva az előzőleg illesztett egyenes paramétereit (b=0 közelítést alkalmazva):

$$\frac{R_h}{d} = \frac{1}{I_h \cdot a} = 7.335 \pm 0.048\frac{m^2}{mA \cdot s}$$



ábra 1: Hall szonda hitelesítése

2.2 Adott minták szuszceptibilitásának meghatározása

Mágneses terünkbe mintát helyezünk, akkor arra (a tér inhomogenitása miatt) erő hat:

$$F = \frac{1}{2\mu_0} A \cdot B^2 (\kappa - \kappa_0)$$

(ahol

- A : a minta keresztmetszete
- B : a mágneses térerősség
- κ : az anyag szuszceptibilitása (ezt akarjuk meghatározni)
- $\kappa_0 = 4 \cdot 10^{-7}$: a levegő szuszceptibilitása
- $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$: a levegő permeabilitása)

Felvéve tehát a $F(B)$ diagrammot és arra az alábbi függvényt illesztve

$$f(x) = ax^2 + b$$

κ meghatározható:

$$\kappa = \frac{2\mu_0 F}{AB^2} + \kappa_0 = \frac{2\mu_0 a}{A} + \kappa_0$$

A 13-as jelű (alumínium) minta F(B) görbéjét mértem ki először. Ennek átmérője: $d = 7.97 \pm 0.01mm$, így keresztmetszete: $A = 49.89 \pm 0.125mm^2 = (4.989 \pm 0.0125)10^{-5}m^2$. (Az erők nagyságát egy mérleggel mérjük, ezért szerepel a táblázatokban F/g. Ebből $g = 9.8\frac{m}{s^2}$ -tel számolva határoztam meg az erőket (amelyek a grafikonokon is szerepelnek).)

$I[A]$	$U_h[mV]$	$F/g[g]$
0	0.3	0
0.5	10	0.0005
1	20	0.0018
1.5	30.4	0.0043
2	40.3	0.0075
2.5	50.6	0.0119
3	60.1	0.0168
3.5	68.6	0.0220
4	76.3	0.0276

Táblázat 2: 13-as minta

Ezen mérési pontokra az f(x) függvényt illesztve kapjuk, hogy :

$$a_{13} = (2.4765 \pm 0.0107)10^{-4}$$

$$\kappa_{13} = 1.28710^{-5}$$

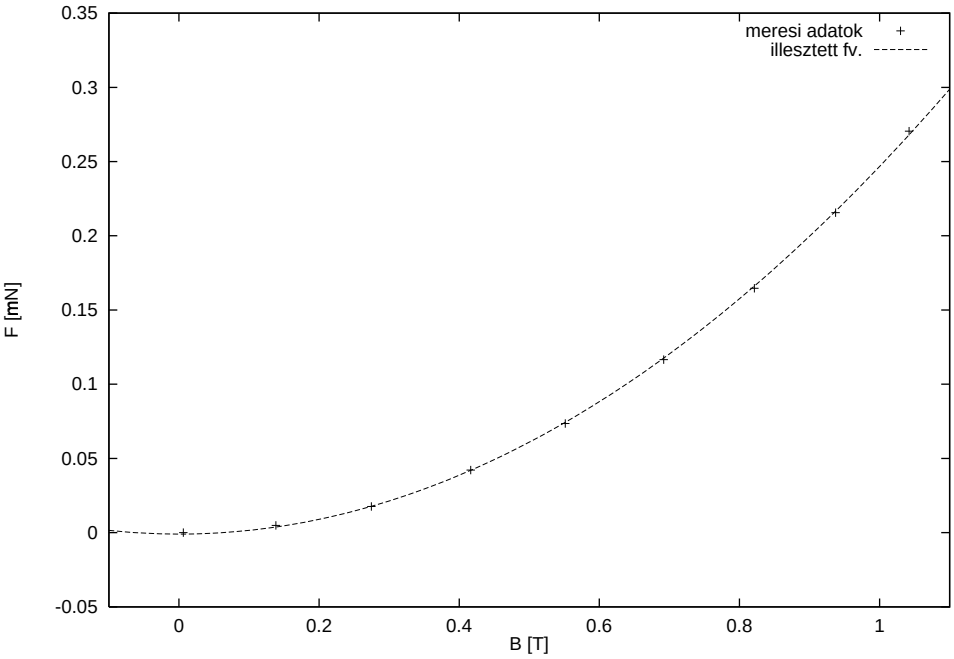
Második mintám egy réz rúd volt (minta száma: 19). A mérést az előzőhöz hasonlóan végeztem.

A függvényillesztés az alábbi eredményt adta:

$$a_{19} = (-9.13686 \pm 0.0686292)10^{-5}$$

Ebből;

$$\kappa_{19} = -4.2028 \cdot 10^{-6}$$



ábra 2: 13-as minta

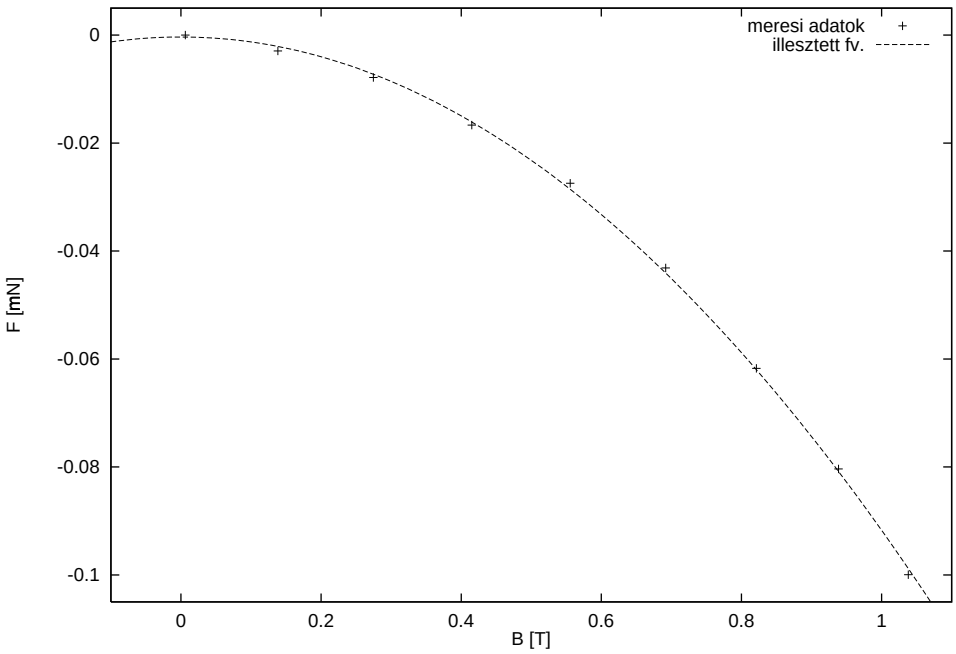
$I[A]$	$U_h[mV]$	$F/g[g]$
0	0.3	0
0.5	10	-0.0003
1	20	-0.0008
1.5	30.3	-0.0017
2	40.6	-0.0028
2.5	50.6	-0.0044
3	60.1	-0.0063
3.5	68.7	-0.0082
4	76	-0.0102

Táblázat 3: 19-as minta

3 A mérés hibái

A függvényillesztéseknél az egyetlen számunkra érdekes paraméter (a) hibája adódik, ebből a szuszceptibilitások hibája:

$$\Delta\kappa = \kappa\frac{\Delta a}{a}$$



ábra 3: 19-as minta

És a konkrét értékeket behelyettesítve:

$$\Delta\kappa_{13} = \pm 5.575 \cdot 10^{-8}$$

$$\Delta\kappa_{19} = \pm 3.1 \cdot 10^{-8}$$

4 A végeredmény

Mérési eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy a 13-as minta paramágnes, melynek mágneses szuszceptibilitása :

$$\kappa_{13} = (1.287 \pm 0.057)10^{-5}$$

Még a 19-ez minta egy diamágnes, hiszen szuszceptibilitása negatív:

$$\kappa_{19} = (-4.2028 \pm 0.031)10^{-6}$$