

Mágneses szuszeptibilitás mérése

Mérési jegyzőkönyv

Szőke Kálmán Benjamin

2010. november 9.

Mérés célja:

A mérési feladat hitelesíteni a Hall-szondát, és meghatározni a 3-as alumínium rúd, 5-ös réz rúd és a víz szuszeptibilitását.

Mérési berendezések:

- Külső mérőtekercs
- Hall-szonda
- Tápegység áramgenerátorral
- Fluxus mérő
- Digitális feszültségmérő (U_h)
- Minták
- Elektromágnes
- Mettler-típusú analitikai mérleg

Mérés leírása:

A mérés elején a Hall szonda hitelesítése a feladat, mely állandó Hall-áram mellett a mágneses tér változtatásával történik. A mérés további részében a kiadott minták mágneses szuszeptibilitását kell megállapítani a Gouy-módszerrel. Ezt úgy végezhetjük el, hogy a mintákat egy elektromágnes által generált inhomogén mágneses térbe behelyezzük, és mérjük a mérleg által mért erőt.

Geometriai adatok

Minták sugara	r (mm)
Alumínium (3.)	4
Réz (5.)	4
Plexi	4.95

Víz tömege ($m_{\text{víz}}$)	8.6217 g	
Plexi cső hossza (l)	187 mm	
Mérőtekeracs adatai		menetszám (n)
belső sugara (r_b)	0.00313 m	194
külső sugara (r_k)	0.0048 m	

Hitelesítés

Állandó Hall-áram ($I_h=5 \text{ mA}$) mellett a mágneses térben előre behelyezett külső mérőtekercs nem túl gyors mozdulattal kivesszük, és közben mérjük az Hall-feszültséget (U_h), és a fluxus mérővel a fluxus változást ($\Delta\Phi$). Ezt a mérést a tekercsre kapcsolt különböző áramerőségekkel (I_t) mérjük. Ezekből az adatokból feladatunk meghatározni a mágneses tér indukcióját (B), és a mágneses indukció (B) és Hall-feszültség (U_h) adatpárjaira illesztett egyenes adataiból meg az R_h/d állandó értékét. A mágneses tér indukcióját (B) az alábbi egyenlet alapján határozhatjuk meg a fluxus változásból ($\Delta\Phi$) a tekercs menetszámából (n) és az átlagos menetfelületből (F).

$$F = \frac{\pi}{3} (r_k^2 + r_k \cdot r_b + r_b^2) = 5.0119 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

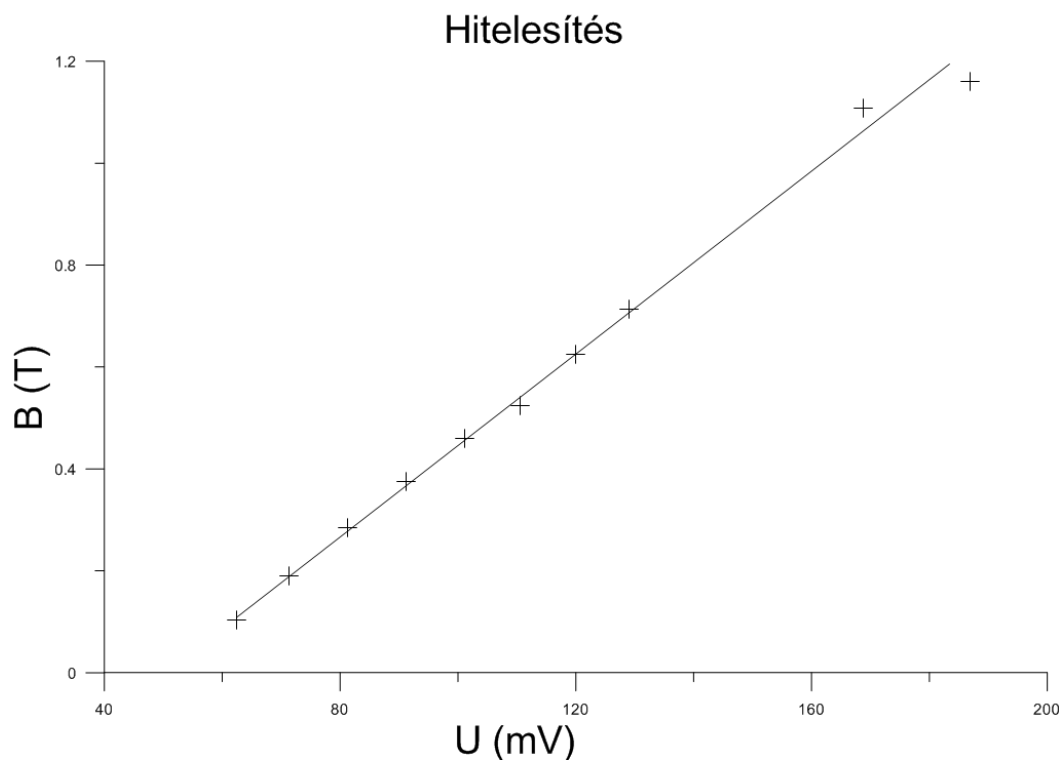
$$B = \frac{\Delta\Phi}{n \cdot F}$$

Hall-szonda hitelesítése:

$I_t \text{ (A)}$	$\Delta\Phi \text{ (} 10^{-3} \cdot \text{Vs)}$	$U_h \text{ (mV)}$	$B \text{ (T)}$
0.5	1	62.5	0.1028
1	1.85	71.3	0.1902
1.5	2.76	81.3	0.2838
2	3.64	91.2	0.3743
2.5	4.46	101	0.4586
3	5.1	120.6	0.5245
3.5	6.08	120	0.6253
4	6.93	129.1	0.7127

6.5	10.78	168.8	1.1086
8	11.27	186.9	1.1590

Hitelesítési grafikon:



Illesztett egyenes egyenlete:

$$B[T] = (8.98 \pm 0.02) \cdot 10^{-3} \left[\frac{T}{mV} \right] \cdot U_h[mV] - 4.516977 \cdot 10^{-1}[T]$$

Állandó értéke:

$$\frac{R_h}{d} = \frac{1}{8.98 \cdot 10^{-3} \left[\frac{T}{mV} \right] \cdot I_h} = 2.22824 \frac{\Omega}{T}$$

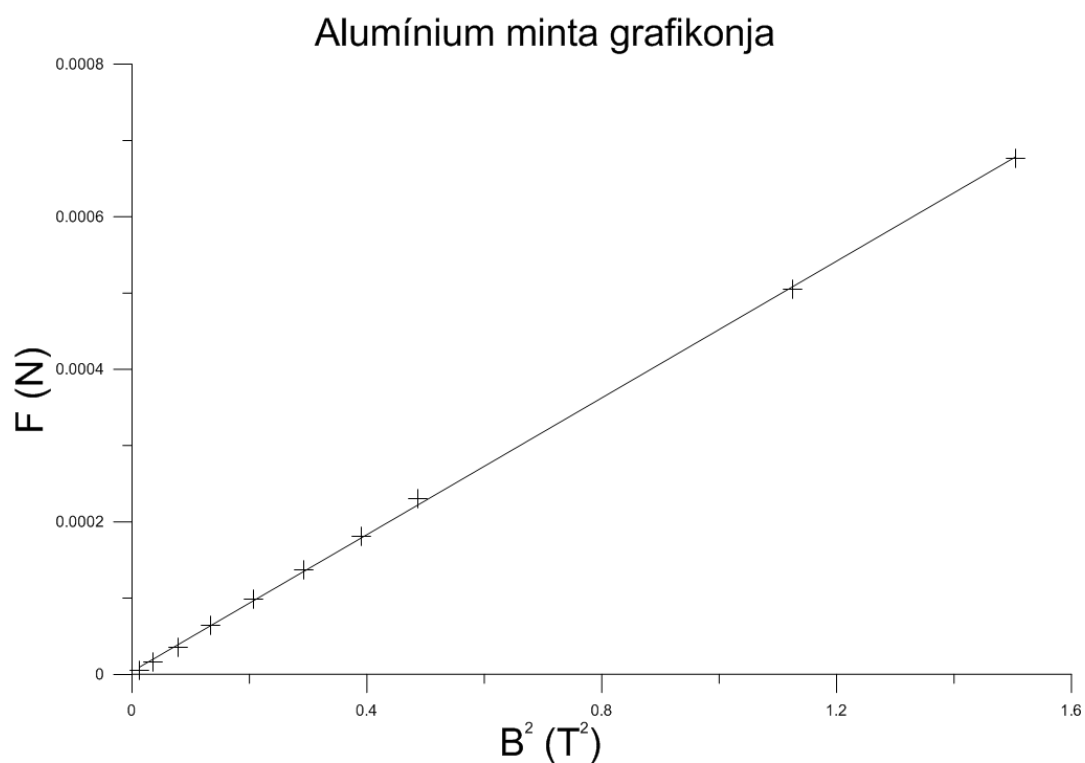
Szuszeptibilitás

A mérés első felében a mintákat felhelyeztem a mérleg kampójára, és különböző Hall-feszültségek (U_h) esetén mértem a tömegváltozást (Δm), majd a hitelesítésnél kapott egyenletbe behelyettesítettem az U_h értékeket, és így kiszámoltam az indukciókat (B). És ezek után a szuszeptibilitás meghatározásához a számolt erők (F) és indukció négyzetek (B^2) adtpárjaira ellesztek egyenest.

Alumínium (3.) minta adatai

$I_t (A)$	$U_h (mV)$	$\Delta m (g)$	$B (T)$	$B^2 (T^2)$	$F (N)$
0.5	62.9	0.0006	0,112873	0,01274	0,000005886
1	71.6	0.0017	0,190962	0,036466	0,000016677
1.5	81.4	0.0036	0,278924	0,077798	0,000035316
2	91	0.0065	0,36509	0,133291	0,000063765
2.5	100.9	0.01	0,45395	0,20607	0,0000981
3	110.5	0.014	0,540116	0,291726	0,00013734
3.5	119.9	0.0185	0,624488	0,389985	0,000181485
4	128	0.0235	0,697191	0,486075	0,000230535
6.5	168.5	0.0515	1,060707	1,125099	0,000505215
8	187	0.069	1,226757	1,504933	0,00067689

Alumínium minta grafikonja:



Alumínium minta illesztett egyenesének meredeksége:

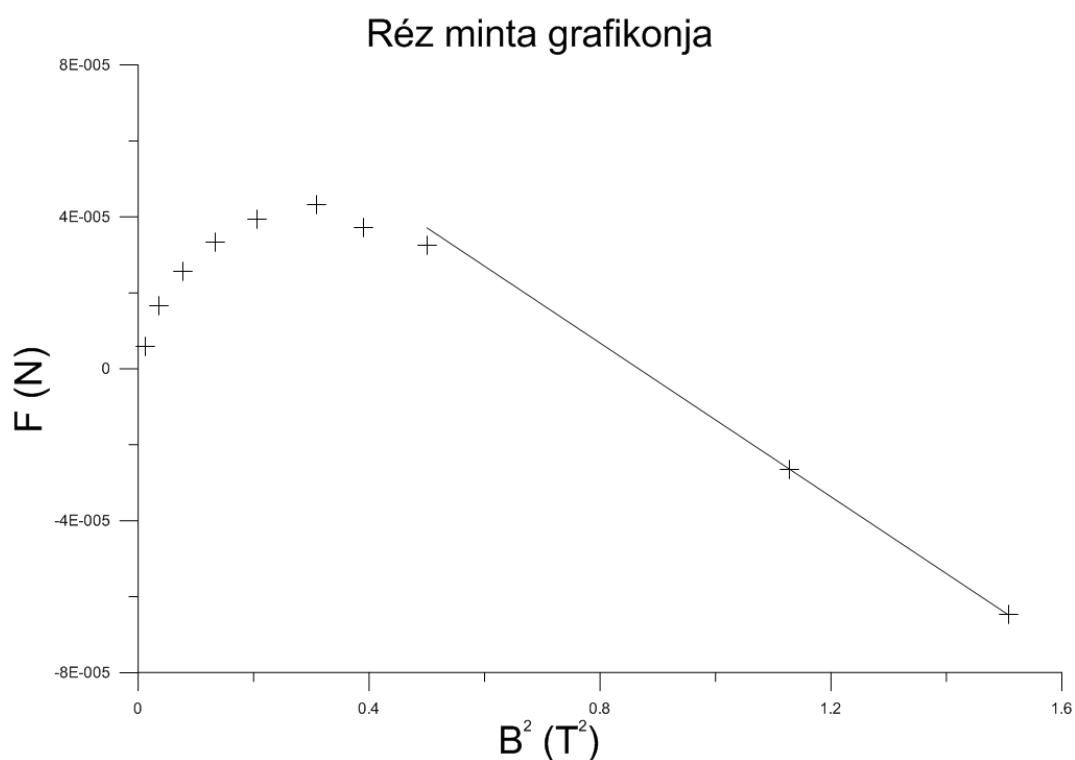
$$m_{alu} = (4.482 \pm 0.005) \cdot 10^{-4} \frac{N}{T^2}$$

Réz (5.) minta adatai

$I_t \text{ (A)}$	$U_h \text{ (mV)}$	$\Delta m \text{ (g)}$	$B \text{ (T)}$	$B^2 \text{ (T}^2\text{)}$	$F \text{ (N)}$
0.5	62.4	0.0006	0,108386	0,011747	0,000005886
1	71.3	0.0017	0,188269	0,035445	0,000016677
1.5	81.2	0.0026	0,277129	0,0768	0,000025506
2	91.1	0.0034	0,365988	0,133947	0,000033354
2.5	100.9	0.004	0,45395	0,20607	0,00003924
3	112.2	0.0044	0,555375	0,308441	0,000043164
3.5	120	0.0038	0,625385	0,391107	0,000037278

4	129.1	0.0033	0,707064	0,49994	0,000032373
6.5	168.7	-0.0027	1,062502	1,12891	-0,00002648
8	187.1	-0.0066	1,227655	1,507136	-0,00006474

Réz minta grafikonja:



A réz egy diamágneses anyag. A minta mérése során megfigyelhető, hogy a minta ferromágneses anyaggal szennyezett, és miatta az ábra nemlineáris.

Réz minta illesztett egyenesének meredeksége:

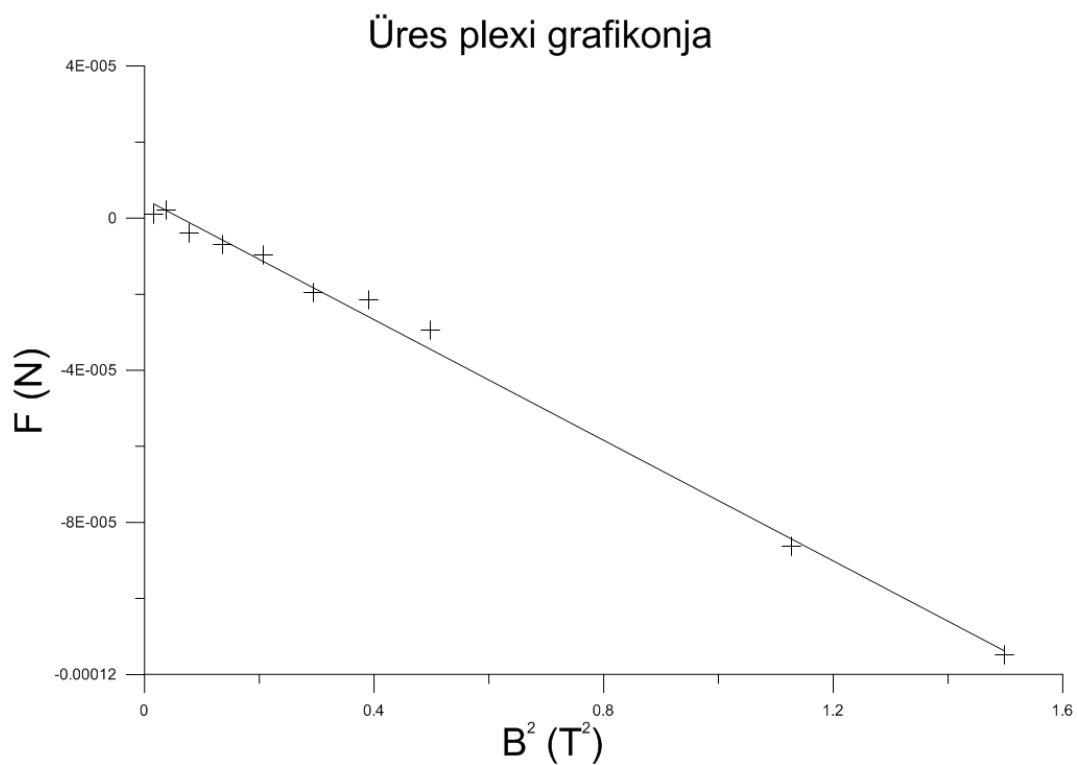
$$m_{\text{réz}} = (-1.01 \pm 0.02) \cdot 10^{-4} \frac{N}{T^2}$$

Üres plexi adatai

$I_t (A)$	$U_h (mV)$	$\Delta m (g)$	$B (T)$	$B^2 (T^2)$	$F (N)$
0.5	64.1	0.0001	0,123644	0,015288	0,000000981
1	72.2	0.0002	0,196347	0,038552	0,000001962

1.5	81.5	-0.0004	0,279821	0,0783	-0,00000392
2	91.3	-0.0007	0,367783	0,135264	-0,00000686
2.5	100.9	-0.001	0,45395	0,20607	-0,00000981
3	110.7	-0.002	0,541912	0,293668	-0,00001962
3.5	120	-0.0022	0,625385	0,391107	-0,00002158
4	129	-0.0030	0,706167	0,498671	-0,00002943
6.5	168.6	-0.0088	1,061604	1,127004	-0,00008632
8	186.7	-0.0117	1,224064	1,498333	-0,00011477

Üres plexi grafikonja:



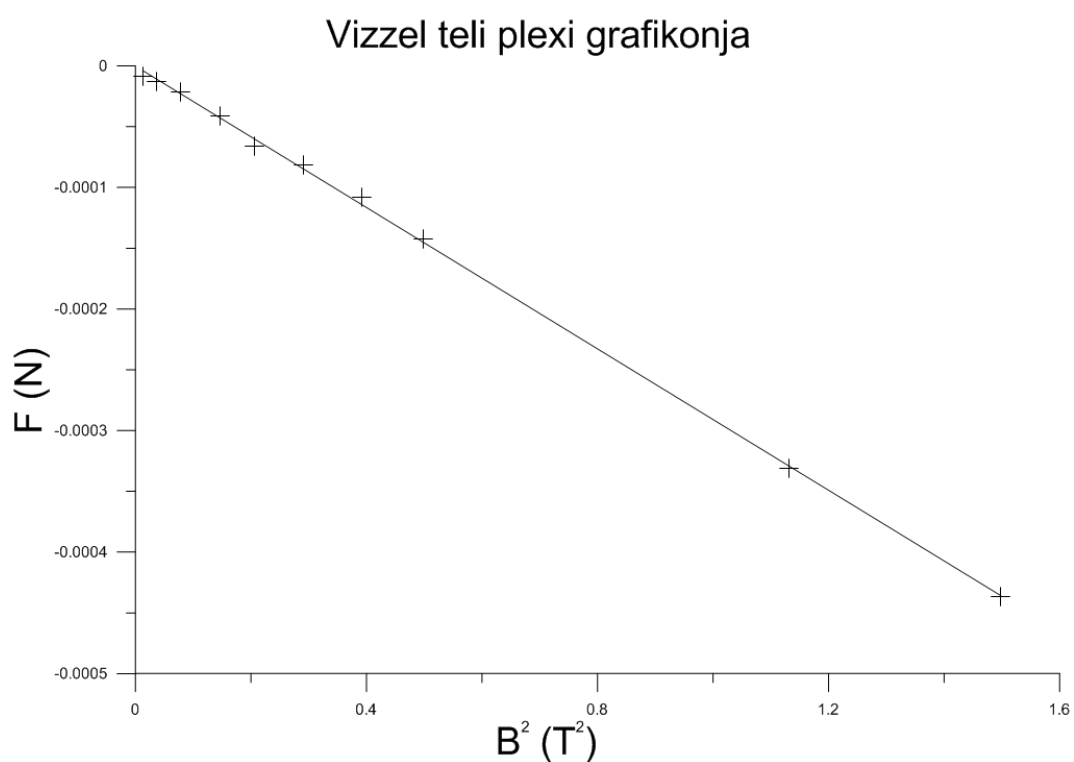
Üres plexi illesztett egyenesének meredeksége:

$$m_{\text{üplex}} = (-7.93 \pm 0.03) \cdot 10^{-5} \frac{N}{T^2}$$

Vizes plexi adati

$I_t (A)$	$U_h (mV)$	$\Delta m (g)$	$B (T)$	$B^2 (T^2)$	$F (N)$
0.5	62.9	-0.0009	0,112873	0,01274	-0,00000882
1	71.8	-0.0013	0,192757	0,037155	-0,00001275
1.5	81.3	-0.0022	0,278026	0,077299	-0,00002158
2	93	-0.0042	0,383042	0,146721	-0,00004120
2.5	101	-0.0067	0,454847	0,206886	-0,00006572
3	110.5	-0.0083	0,540116	0,291726	-0,00008142
3.5	120	-0.0110	0,625385	0,391107	-0,00010791
4	129	-0.0145	0,706167	0,498671	-0,00014224
6.5	168.8	-0.0338	1,063399	1,130818	-0,00033157
8	186.7	-0.0445	1,224064	1,498333	-0,00043654

Vizes plexi grafikonja:



Vizes plexi illesztett egyenesének meredeksége:

$$m_{vplex} = (-2.908 \pm 0.009) \cdot 10^{-4} \frac{N}{T^2}$$

Szuszeptibilitás meghatározása

A számításhoz először a minták keresztmetszetére (A) van szükségünk, amiket a geometriai adatokban található sugarakkal számolhatunk ki (r). Majd a szuszeptibilitást (χ) a vákuum permeabilitásából (μ_0) a számolt keresztmetszetről (A), a meredekségből (m), és az ismert levegő szuszeptibilitásából (χ_0) az alábbi egyenlet alapján számolhatjuk.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$$

$$\chi_0 = 3.77 \cdot 10^{-7}$$

$$A_{v\acute{I}z} = \frac{V}{l}$$

$$A_{alu} = 5.0265 \cdot 10^{-5} m^2$$

$$A_{r\acute{e}z} = 5.0265 \cdot 10^{-5} m^2$$

$$A_{v\acute{I}z} = 4.6106 \cdot 10^{-5} m^2$$

$$\chi = \chi_0 + \frac{2\mu_0 m}{A}$$

Eredmények:

$$\chi_{alu} = (1.15 \pm 0.03) \cdot 10^{-5}$$

$$\chi_{r\acute{e}z} = (-4.681 \pm 0.004) \cdot 10^{-6}$$

$$\chi_{\ddot{u}plex} = (-6.29 \pm 0.03) \cdot 10^{-6}$$

$$\chi_{v\acute{I}z} = \left(\chi_0 + \frac{2\mu_0(m_{vplex} - m_{\ddot{u}plex})}{A_{v\acute{I}z}} \right) = (-1.115 \pm 0.009) \cdot 10^{-5}$$