

ELTE TTK

MEISSNER-EFFEKTUS VIZSGÁLATA

Olar Alex

2018

Tartalomjegyzék

I. Elméleti összefoglaló, mérési eszközök	2
I.1. Hibabecslés	2
II. Kiértékelés	3

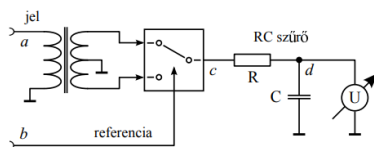
I. Elméleti összefoglaló, mérési eszközök

A szupravezető anyagra jellemző hőmérséklet alatt kizárja magából a mágneses teret. Az adott anyag ekkor tökéletes diamágnessé válik, azaz a mágneses szuszceptibilitása, $\chi = -1$ lesz. A kísérlet során ennek változását vizsgáljuk. A ténylegesen mért χ érték nem lesz természetesen -1 , mivel nem válik az anyag egésze szupravezetővé.

A mérés során sorosan kötött tekercsek közötti platina hőmérővel mérjük a hőmérsékletet. A tekercsek közötti kis feszültségkülönbséget pedig a minta nélküli tekercsre kötött műveleti erősítóből a lock-in műszerre kötve mérjük. Így a mintát behelyezve az egyik tekercsbe az feszültségkülönbséget okoz a két tekercs között:

$$\frac{\Delta U}{U_0} = \chi \frac{V_m}{V} \quad (1)$$

Esetünkben a jegyzethez képest egy negatív előjel különbég van, mivel ellentétesen kalibráltuk a szuszceptibilitás-feszültség kitérést. A lock-in kimenetén lévő feszültség maximumát és minimumát megkeresve, minta nélkül, bekalibráltuk azt 90° -ra, azaz (d) ponton mért 0 V-ra, természetesen ezen még volt egy offset feszültség, amit részben külső, részben belső fázistolás okozott.



1. ábra. A lock-in műszer vázlatos rajza, és a (d) ponton mért feszültség

A mérési adatokat egy számítógép mentette nekünk, minden pontban egy hőmérséklet, feszültség, idő és melegedés/hűlés számkódot kaptunk meg. A lock-in műszer feszültségállásából mindi tudnunk kellett az aktuális méréshatárt. Ez a Meissner-effektus során $300 \mu V$ -ra volt állítva, míg U_0 mérése során $10 mV$ -ra. Ebből U_0 mért értékére:

$$U_0 = (5.74 \pm 0.01) mV \quad (2)$$

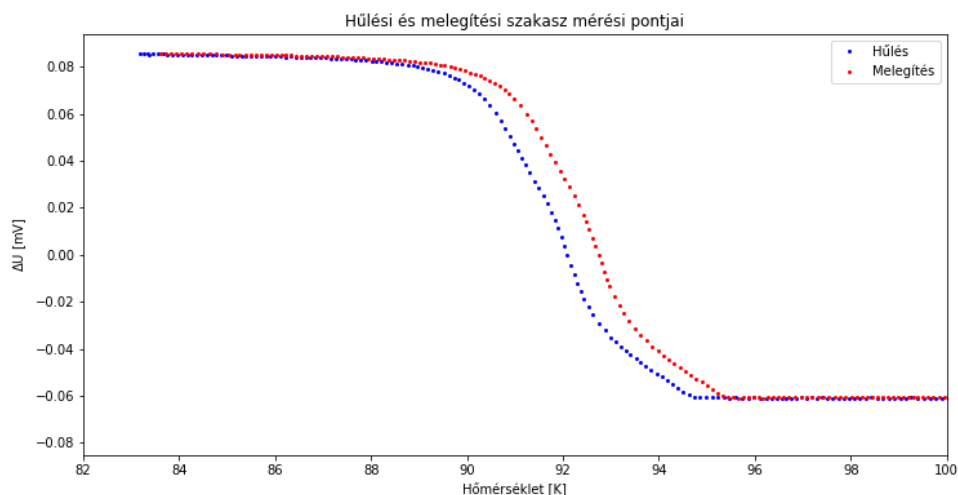
Az adatok közül ismert volt V és V_m , amelyek (1)-ben szerepelnek. Ezek rendre $300 mm^3$ és $22 mm^3 \pm 1\%$ térfogatúak. Így a kapott feszültség-hőmérséklet diagramokat szuszceptibilitás-hőmérséklet diagrammokká lehetett konvertálni.

I.1. Hibabecslés

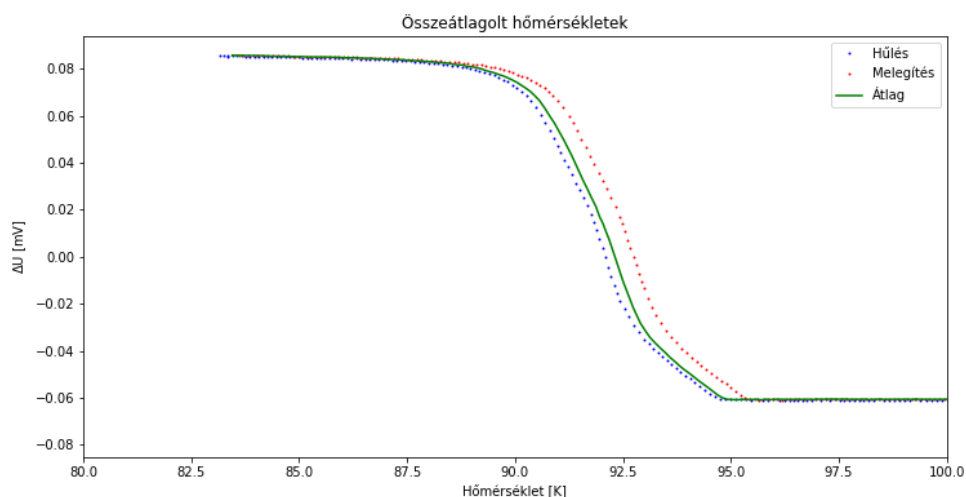
A szuszceptibilitás hibájához figyelembe kell venni a U_0 mérési hibáját és a minta térfogatának hibáját, amik rendre 1% és 0.1% . A feszültség mérés bizonytalanságát figyelembe véve azonban a szuszceptibilitás hibáját 2% -al becsülöm. Ezen kívül még a hőmérséklet mérésnek $0.5 K$ körüli hibát becsülök, mivel a platina hőmérő nem közvetlenül a mintát méri, hanem a két tekercs között helyezkedik el.

II. Kiértékelés

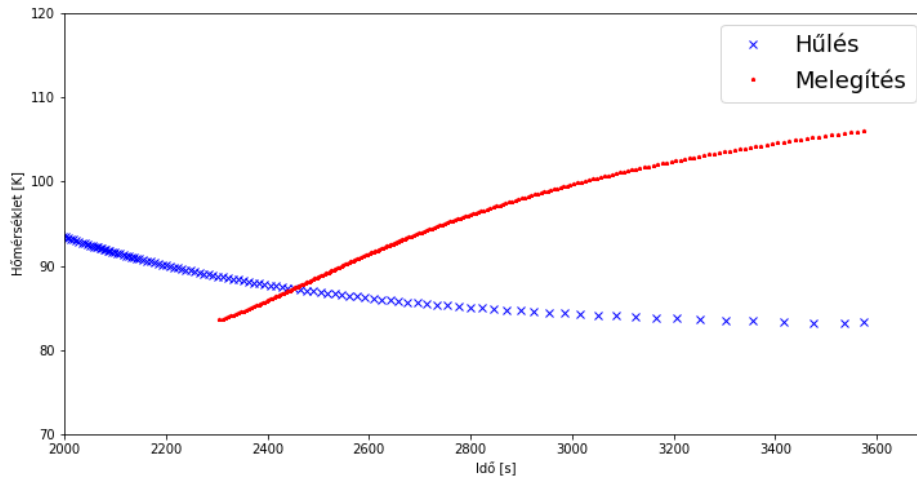
Először is ábrázoltak a kérdéses tartományban a melegedéshez és hűléshez tartozó mérési pontokat.



A leírásban szerepel, hogy a legegyszerűbb módszer egyszerűen adott T hőmérséklet mellett összeátlagolni a mérési eredményeket és ezáltal megszerkeszteni az átlagolt átmeneti görbét.

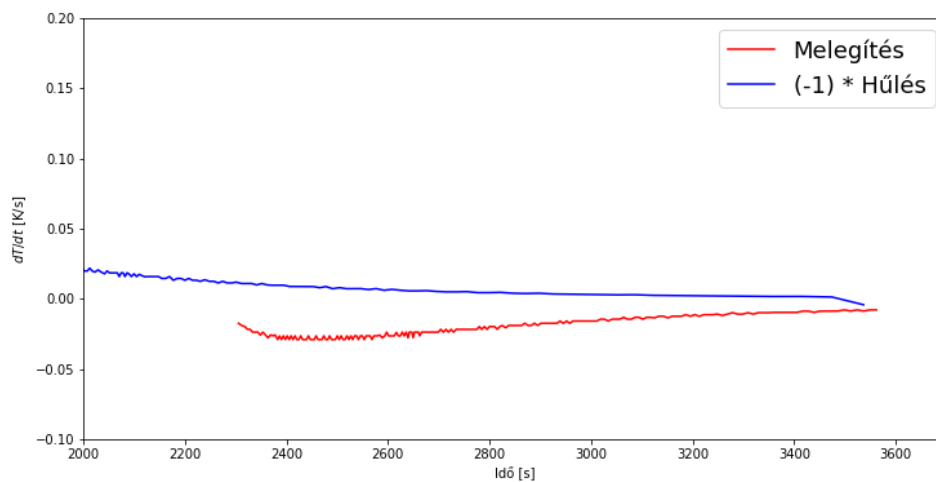


Azonban itt figyelembe kell venni a melegedés sebességét, amit szintén az adatsorban megkaptunk. Véve tehát először a hőmérséklet-idő grafikonokat hűlésre és melegedésre a következőt kaptam:



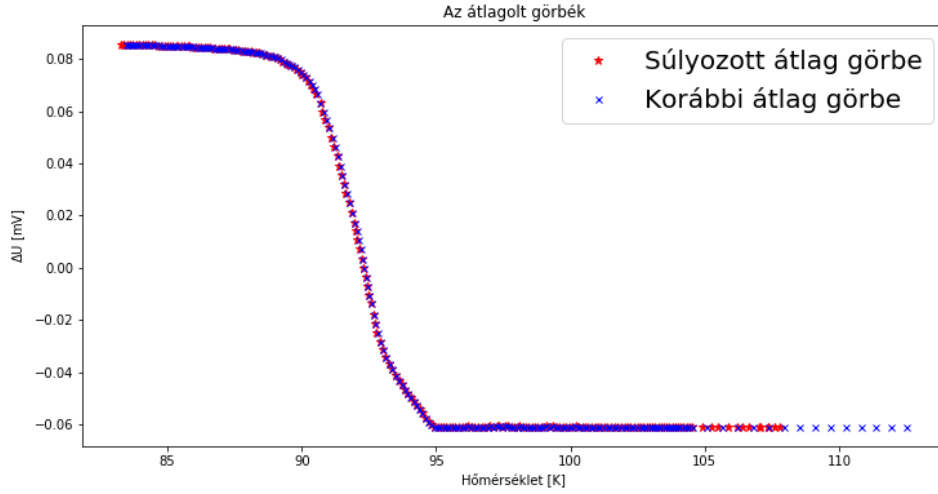
2. ábra. A melegedés időben vissza van tolva hiszen a hűlés hőmérséklete után kezdődött el és ment végig ugyan azon az átmeneti hőmérséklet tartományon

Ahol látható, hogy a görbék meredeksége jócskán eltér, így azok meredekségével súlyozva számoltam ténylegesen összeátlagolt görbét. Ehhez persze deriválni kellett az előbbi görbéket. Természetesen diszkrét esetben differenciát vettem:

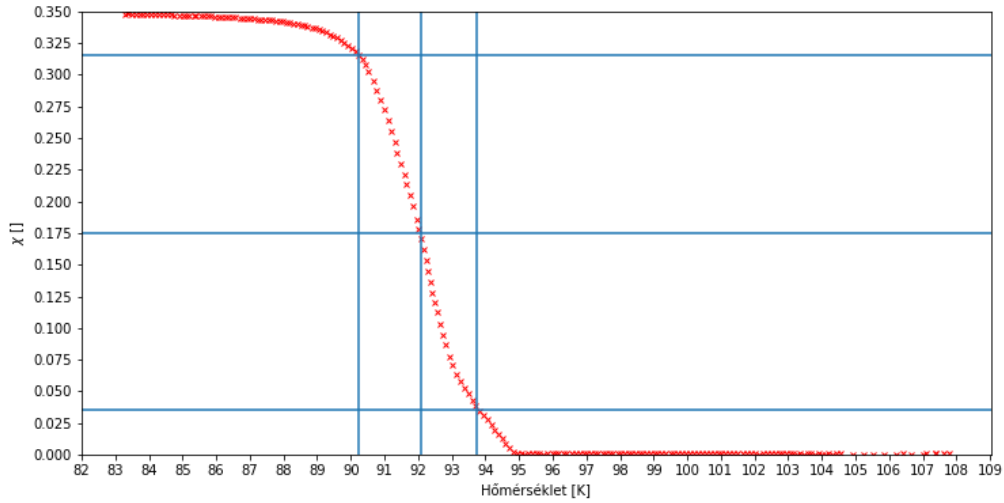


Ahol a hűlés deriváltjának (-1) -szeresét vettem, mert abszolútértékben kell súlyoznom. Ezzel a következő eredményre jutottam:

Látható, hogy az eltérés valójában közel elhanyagolható, hiába a deriváltak közötti eltérés. Az a helyzet, hogy ilyen pontosan mint amennyit ez javít az átlagon nem fogom a szuszceptibilitást megmondani. Ennek ellenére a súlyozott görbét konvertálom az (1) -es egyenlettel a szuszceptibilitás-hőmérsékletté:



3. ábra. A korábbi, egyszerűen összeátlagolt görbe, és a meredekségekkel súlyozottan összeátlagolt görbe



4. ábra. Az átlagolt görbe transzformáltja, a 10%-os és 90%-os szuszceptibilitásértékek-nél jelzett kék vonalak metszéspontjaival, míg a középső az átlagakulás T_c hőmrésékletét hivatott jelezni

A kék vonalak $T_1 = (90.25 \pm 0.5) K$ és $T_2 = (92.75 \pm 0.5) K$ -nél metszik a görbét. A szuszceptibilitás maximális értéke jól láthatóan $\chi = (0.35 \pm 0.01)$, míg természetesen az offset miatt kellett bevennem a rendszerbe egy 0.145-ös eltolást, hogy 95 K felett, 0-ba kalibráljam a mérést. Az átalakulás hőmérséklet a szuszceptibilitás 50%-os értékéhez kalibrálva $T_c = (92.1 \pm 0.5) K$.