

Univerzita Karlova v Praze  
Matematicko – fyzikální fakulta

# Bakalářská práce



Martin Míšek

## **Nové supravodivé materiály v $R(\text{Ni,Cu})\text{Al}$ systému**

Katedra fyziky elektronových struktur

Vedoucí bakalářské práce : Doc.Mgr. Pavel Javorský, Dr.

Studijní program : obecná fyzika

2006

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem, kteří mi pomáhali při tvorbě této práce. Především svému vedoucímu Doc.Mgr. P. Javorskému, Dr. za vedení, podporu a konzultací všech problémů, s prací souvisejících, v průběhu celé práce.

Za konzultaci některých speciálních aspektů práce bych chtěl vyjádřit svůj dík RNDr. Z Arnoldovi, CSc.

Dále bych rád poděkoval Mgr. J.Prchalovi, Mgr. M. Mihálikovi a Mgr.J.Prokleškovi za ochotu a trpělivou pomoc při přípravě měření.

Můj dík patří také Doc.RNDr.P.Svobodovi,CSc. za pomoc při přípravě nových vzorků a Mgr.S.Danišovi,Phd. za pomoc s přípravou a zpracováním difrakčních experimentů.

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci napsal samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů. Souhlasím se zapůjčením práce a jejím zveřejňováním.

V Praze dne 9.8.2006

Martin Míšek

# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>5</b>
<b>2 Teorie</b>	<b>6</b>
2.1 Teplotní závislost elektrického odporu	6
2.3 Krystalová struktura studovaných RTX sloučenin	7
<b>3 Experiment</b>	<b>9</b>
3.1 Příprava vzorků	9
3.2 Rentgenová difrakce	9
3.3 Měření elektrického odporu vybraných vzorků	10
<b>4 Výsledky a diskuze</b>	<b>12</b>
4.1 Krystalová struktura	12
4.2 Závislost elektrického odporu na tlaku a teplotě	15
<b>5 Závěr</b>	<b>18</b>
<b>Literatura</b>	<b>19</b>

Název práce : Nové supravodivé materiály v R(Ni,Cu)Al systému

Autor : Martin Míšek

Katedra (ústav) : Katedra fyziky elektronových struktur

Vedoucí bakalářské práce : Doc.Mgr. Pavel Javorský, Dr.

e-mail vedoucího : [javor@mag.mff.cuni.cz](mailto:javor@mag.mff.cuni.cz)

Abstrakt :V této práci byl měřen odpor vzorků  $\text{ErNi}_{0.15}\text{Cu}_{0.85}\text{Al}$  a  $\text{ErNi}_{0.20}\text{Cu}_{0.80}\text{Al}$  studovaného systému  $\text{RNi}_{1-x}\text{Cu}_x\text{Al}$ , vzhledem k možnosti existence supravodivého stavu za určitých podmínek (tlak, teplota, x). Byly připraveny dva nové vzorky,  $\text{ErNi}_{0.15}\text{Cu}_{0.85}\text{Al}$  a  $\text{ErNi}_{0.25}\text{Cu}_{0.75}\text{Al}$ , jejichž krystalová struktura a fázová čistota byla zkoumána metodou práškové rentgenové difrakce. Výsledky byly porovnány s dřívějšími experimenty v rámci tohoto systému. Měření odporu neprokázala možnost existence supravodivého stavu nebyla v daném rozsahu tlaků a teplot prokázána. Byl pozorován fázový přechod spojený se strukturální změnou u vzorku  $\text{ErNi}_{0.20}\text{Cu}_{0.80}\text{Al}$  za tlaku 9.5 kbar v okolí teploty 220 K.

Klíčová slova : sloučeniny vzácných zemin, elektrický odpor, tlak, difrakce

Title : New superconducting materials in the R(Ni,Cu)Al systém

autor : Martin Míšek

Department : Department of electronic structures

Supervisor : Doc.Mgr Pavel Javorský, Dr.

Supervisor's e-mail address : [javor@mag.mff.cuni.cz](mailto:javor@mag.mff.cuni.cz)

Abstract :In this work, electrical resistivity of  $\text{ErNi}_{0.15}\text{Cu}_{0.85}\text{Al}$  a  $\text{ErNi}_{0.20}\text{Cu}_{0.80}\text{Al}$  samples from the  $\text{RNi}_{1-x}\text{Cu}_x\text{Al}$  system has been studied, motivated by previous indications of possibility of existence of the superconducting state under certain conditions (pressure, temperature, x). Two new samples has been prepared,  $\text{ErNi}_{0.15}\text{Cu}_{0.85}\text{Al}$  and  $\text{ErNi}_{0.25}\text{Cu}_{0.75}\text{Al}$ . Their crystal structure and phase purity has been studied by means of x – ray powder diffraction. Results are compared with previous experiments for this system. The resistivity measurements has not shown possibility of existence of the superconducting state in the studied temperature and pressure range. Phase transition related to the structural changes for  $\text{ErNi}_{0.20}\text{Cu}_{0.80}\text{Al}$  has been observed under pressure of 9.5 kbar around 220 K.

Keywords : rare-earth compounds, electrical resistivity, pressure, diffraction

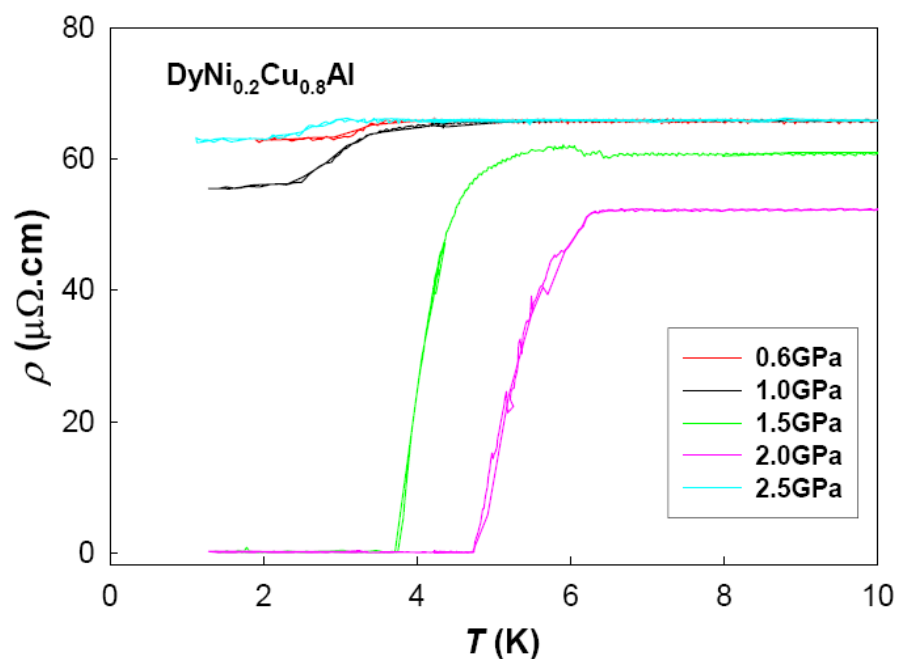
# Kapitola 1

## Úvod

Slitiny  $\text{ErNi}_{1-x}\text{Cu}_x\text{Al}$  patří k široké třídě intermetalických materiálů RTX (R ~ vzácná zemina, T ~ přechodný kov, X ~ p-kov), krystalizujících v hexagonální struktuře typu ZrNiAl (prostorová grupa P-62m). Dosavadní studie  $\text{RNi}_{1-x}\text{Cu}_x\text{Al}$  (R = Tb, Dy, Er) byly zaměřené především na magnetické vlastnosti a ukazují často velmi složité a překvapivé chování (ztráta dalekodosahového uspořádání v určitém oboru koncentrací Cu a Ni, koexistence antiferromagnetického a ferromagnetického uspořádání za nízkých teplot) [1-3].

Poslední výzkumy ukazují nečekanou možnost vzniku supravodivého stavu v této třídě materiálů při nízkých teplotách a v určitém oboru vnějších tlaků. Dosud byla pozorována pouze u sloučeniny  $\text{DyNi}_{0.2}\text{Cu}_{0.8}\text{Al}$  [4] (viz obrázek 1). Přitom oblast koncentrace Cu kolem 80% je rovněž zajímavá vymizením dalekodosahového magnetického uspořádání.

Tlak u kterého byl pozorován přechod do supravodivého stavu u materiálů  $\text{DyNi}_{1-x}\text{Cu}_x\text{Al}$  (obr.1) je v současné době v našich experimentálních podmínkách nedosažitelný, proto jsme se zaměřili na studium  $\text{RNi}_{1-x}\text{Cu}_x\text{Al}$  sloučenin obsahujících jiné vzácné zeminy, vykazujících obdobné vymizení dalekodosahového uspořádání, konkrétně Er a Tb. Vzhledem k jiné elektronové konfiguraci a následně odlišným



Obr.1: Přechod do supravodivého stavu u materiálu  $\text{DyNi}_{0.2}\text{Cu}_{0.8}\text{Al}$  [4].

vlastnostem se očekává, že podmínky přechodu do supravodivého stavu, pokud bude i zde existovat, by se mohly znatelně lišit a nastávat i při nižších tlacích. V této práci se zabýváme prvním takovým pokusem na sloučeninách  $\text{ErNi}_{1-x}\text{Cu}_x\text{Al}$ .

Obecně se předpokládá, že existence supravodivého stavu by mohla být ovlivnitelná složením materiálu a vnějších podmínek (tlak, magnetické pole). Vliv tlaku na kritickou teplotu ( $T_C$ ) přechodu do supravodivého stavu byl zkoumán u celé řady známých supravodičů, například u  $\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8-\delta}$  je za normálního tlaku  $T_C = 134$  K, aplikací tlaku přibližně 300 kbar bylo dosaženo hodnoty  $T_C = 164$  K [5].

## Kapitola 2

### Teorie

#### 2.1 Teplotní závislost elektrického odporu

Elektrický odpor je způsoben rozptylem vodivostních elektronů. Celkový měrný odpor lze vyjádřit vztahem [6]:

$$\rho(T) = \rho_0 + \rho_{ph}(T) + \rho_M(T), \quad (1)$$

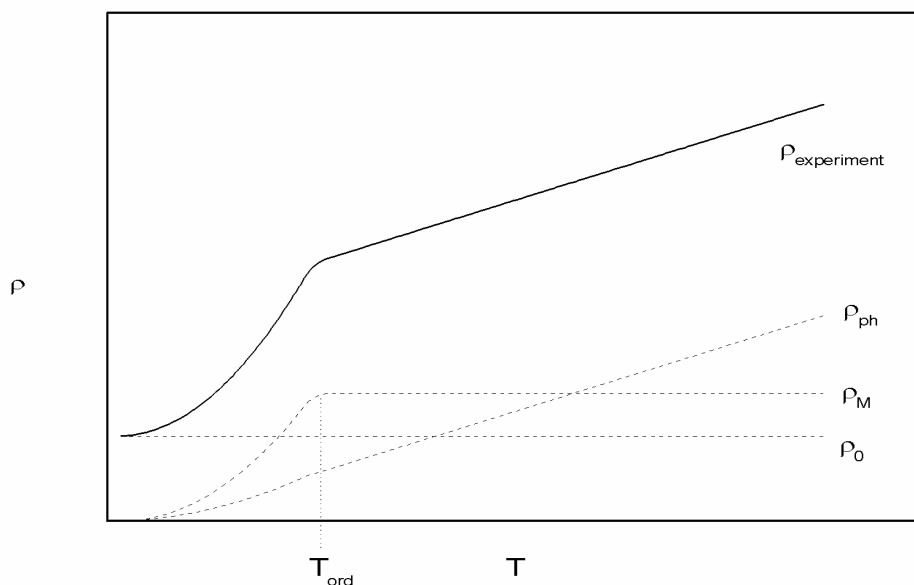
kde  $\rho_0$  je příspěvek od rozptylu na defektech krystalové mříže a je teplotně nezávislý,  $\rho_{ph}$  je příspěvek od rozptylů na fononech a  $\rho_M$  je příspěvek daný rozptylem na magnetických momentech (v případě RTX na lokalizovaných 4f – elektronech vzácné zeminy).

Se vzrůstající teplotou díky tepelným excitacím vzrůstá fononový příspěvek. Teplotní závislost  $\rho_{ph}$  lze popsat Bloch – Grüneisenovým vztahem [6]:

$$\rho_{ph}(T) = 4R \cdot (T / \theta_D)^5 \cdot \int_0^{\theta_D / T} \frac{x^5}{(1 - e^{-x})(e^x - 1)} dx \quad (2)$$

kde  $\Theta_D$  je Debyeova teplota. Podle tohoto vztahu se  $\rho_{ph}$  za vysokých teplot ( $T \gg \Theta_D$ ) chová jako  $\rho_{ph} \sim T$ , za nízkých teplot ( $T \ll \Theta_D$ ) se  $\rho_{ph}$  chová jako  $\rho_{ph} \sim T^5$ .

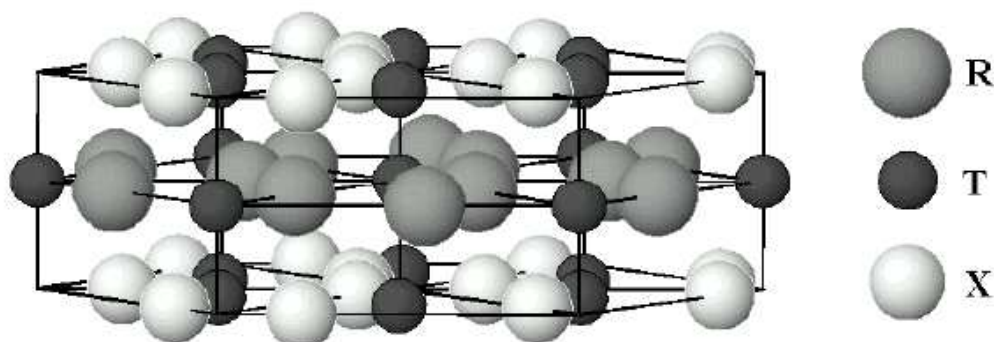
Nebereme-li v úvahu efekty krystalového pole, je teplotní závislost rozptylu na magnetických momentech konstantní nad teplotou magnetického uspořádání  $T_{ord}$ , pod  $T_{ord}$  pak výrazně klesá s klesající teplotou, konkrétní průběh  $\rho_M$  závisí na typu magnetického uspořádání (viz. Obr.2).



Obr.2: Schematické znázornění jednotlivých příspěvků k elektrickému odporu.

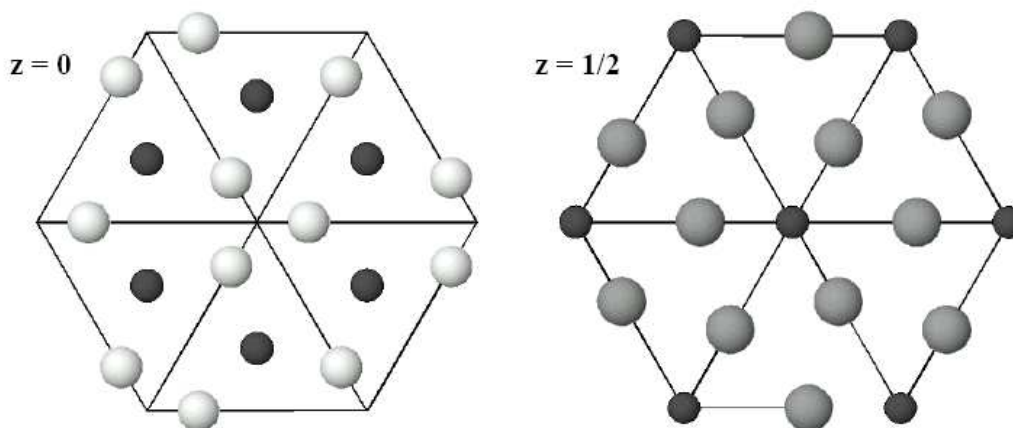
## 2.2 Krystalová struktura studovaných RTX sloučenin

Studované materiály patří ke skupině intermetalických RTX sloučenin, které krystalizují v hexagonální struktuře typu ZrNiAl (prostorová grupa P-62m), viz obr. 3.



Obr.3. Model krystalové struktury ZrNiAl

Struktura je složena ze dvou typů bazálních rovin které se periodicky střídají (ABABAB.....) . První z nich obsahuje atomy vzácné zeminy a jeden ze tří atomů tranzitivního kovu, připadajícího na jednu elementární buňku. Druhá vrstva obsahuje atomy p – kovu a zbylé dva atomy tranzitivního kovu, viz obr. 4.



Obr.4. Dva typy bazálních rovin v struktuře ZrNiAl

Frakční souřadnice atomů v primitivní buňce jsou následující :

$$R : (X, 0, 1/2), (0, X, 1/2), (-X, -X, 1/2)$$

$$T : (1/3, 2/3, 0), (2/3, 1/3, 0), (0, 0, 1/2)$$

$$X : (Y, 0, 0), (0, Y, 0), (-Y, -Y, 0)$$

Zatímco pozice atomů tranzitivních kovů jsou stálé, polohy atomů R a X závisí na strukturních parametrech X a Y. Konkrétní hodnoty těchto parametrů se dají získat kupříkladu z rentgenové analýzy.



# Kapitola 3

## Experiment

### 3.1 Příprava vzorků

Připravil jsem dva vzorky, a to s koncentrací mědi  $x = 0.75$  a  $x = 0.85$ . Vzorky jsou polykrystalické a byly připraveny tavením v obloukové peci. Samotné tavení probíhalo pod ochranou argonovou atmosférou po předchozím vyčerpání.

Použil jsem materiály o čistotě 99,9 % (Er), 99,999 % (Cu,Al) a 99,995 % (Ni). Kvůli vyšší úrovni vypařování při tavení jsem do navážky dal o něco více Al, přibližně o 0,5 %. Kvůli dosažení vyšší homogenity jsem oba vzorky čtyřikrát obrátil a přetavil.

Dále jsem měl k dispozici několik dalších vzorků jiných koncentrací z předchozích měření prováděných na KFES.

### 3.2 Rentgenová difrakce

Pro určení krystalové struktury připravených vzorků jsem provedl práškovou rentgenovou difrakci při pokojové teplotě (296 K), s použitím záření mědi o vlnových délkách :

$$K_{\alpha_1} = 1,5405 \cdot 10^{-10} \text{ m} \quad \text{a} \quad K_{\alpha_2} = 1,5445 \cdot 10^{-10} \text{ m} .$$

Měření bylo prováděno v rozmezí úhlů 10 až 140 stupňů s krokem 0.04 stupně.

Parametry krystalové struktury se získávají z poloh, intenzit a profilu reflexí. Pro danou krystalovou strukturu jsou pozice peaků určeny Braggovým zákonem:

$$\lambda = 2d_{hkl} \cdot \sin \theta \quad , \quad (3)$$

kde  $\lambda$  je vlnová délka použitého záření,  $d_{hkl}$  je mezivzrostová vzdálenost difraktujících rovin a  $\theta$  je úhel mezi dopadajícím zářením a danou rovinou.

Intenzita záření, rozptýleného na rovině popsané Millerovými indexy  $hkl$ , je úměrná čtverci absolutní hodnoty strukturního faktoru  $F_{hkl}$ , daného vztahem :

$$F_{hkl} = \sum_{n=1}^N f_n e^{2\pi i \cdot (hx_n + ky_n + lz_n)} \quad (4)$$

kde  $x_n$ ,  $y_n$  a  $z_n$  jsou frakční souřadnice atomů v elementární buňce a  $f_n$  je atomový rozptylový faktor. Sumace probíhá přes všechny atomy v elementární buňce [7].

K určení strukturních parametrů jsem používal Rietveldovu metodu, konkrétně program Fullprof [8]. K jejímu použití je potřeba znát o jakou strukturu se jedná. Ze zadaných přibližných hodnot strukturních parametrů program vypočte odpovídající difrakční záznam a porovná ho se záznamem naměřeným. Variací strukturních parametrů se pak snaží dosáhnout co nejlepší shody s ním, konkrétně pomocí metody nejmenších čtverců, která minimalizuje veličinu :

$$S_y = \sum_i w_i (y_{oi} - y_{ci})^2 \quad (5)$$

kde  $y_{oi}$  je intenzita naměřená,  $y_{ci}$  je intenzita vypočtená ze zadaných parametrů a  $w_i = 1/y_{oi}$  je váhový faktor, sumace probíhá přes všechny naměřené hodnoty.

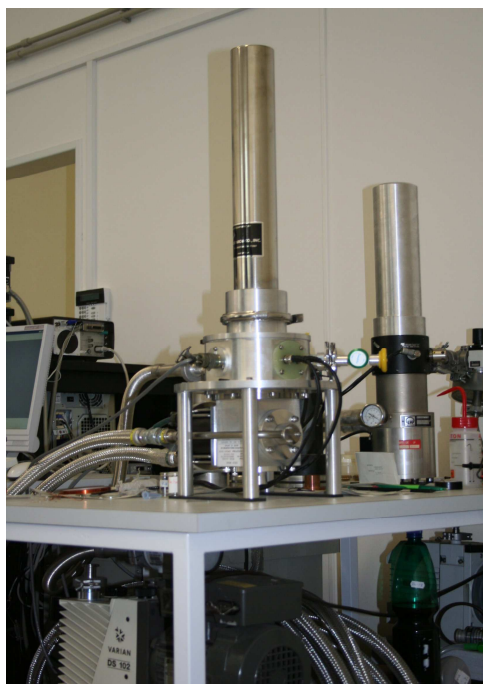
### 3.3 Měření elektrického odporu vybraných vzorků

Měření závislosti elektrického odporu na tlaku a teplotě bylo realizováno pomocí chladiče s uzavřeným heliovým cyklem a Cu – Be pístové cely, viz obr. 5 a 6.

K experimentu jsem z připravených vzorků připravil malé hranoly o rozměrech přibližně 1 x 1 x 4 mm. Kontakty na vnější přívodné měděné dráty jsou z stříbrných drátků ( průměr 0.05 mm ) a na vzorek jsou připevněny pomocí směsi epoxidu s vodivým stříbrným práškem. Kontaktování vzorků je zřejmě nejnáročnější část přípravy měření a ne vždy se podaří, což se bohužel zjistí až během experimentu. Ačkoli pro měření bylo připraveno více vzorků včetně mnou připraveného  $x = 0.75$ , měření byla uskutečněna jen pro dva vzorky s  $x = 0.80$  a  $x = 0.85$ .

K určení tlaku v cele se používá manganin, materiál, jehož odpor závisí málo na teplotě, ale výrazně na tlaku ( $R = R_0(1 + \alpha P)$ , kde  $\alpha = 0,00257 \text{ kbar}^{-1}$  ). K určení teploty jsou na povrch tlakové cely umístěny dva „teploměry“ z materiálu, jehož odpor

znatelně závisí na teplotě. Jeden z nich je umístěný na spodním, druhý na horním konci cely. Při dostatečně pomalém ochlazování lze předpokládat, že spád teploty napříč celou je lineární a hodnotu teploty v místě vzorku lze určit interpolací. Rychlost chlazení (ohřevu) byla zvolena přibližně 1 K/min nad 50 K a 0.2 K/min pod 50 K.



Obr.5. Chladicí zařízení s uzavřeným heliovým cyklem.



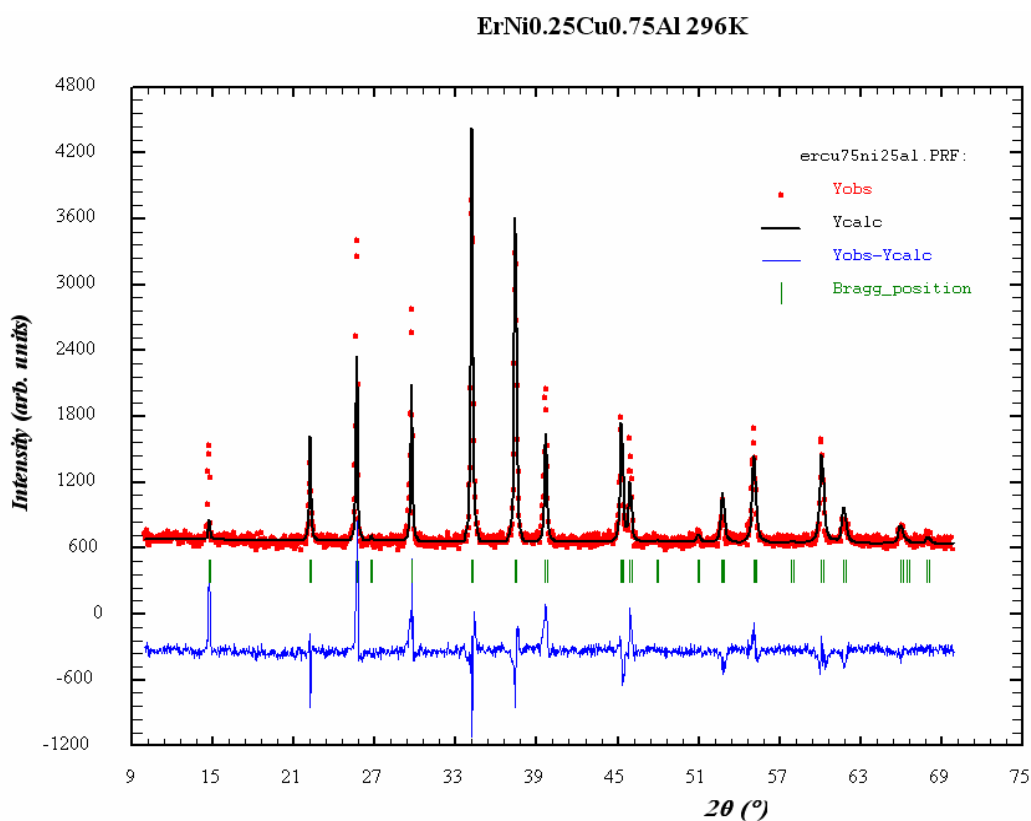
Obr.6. Tlaková ceta.

# Kapitola 4

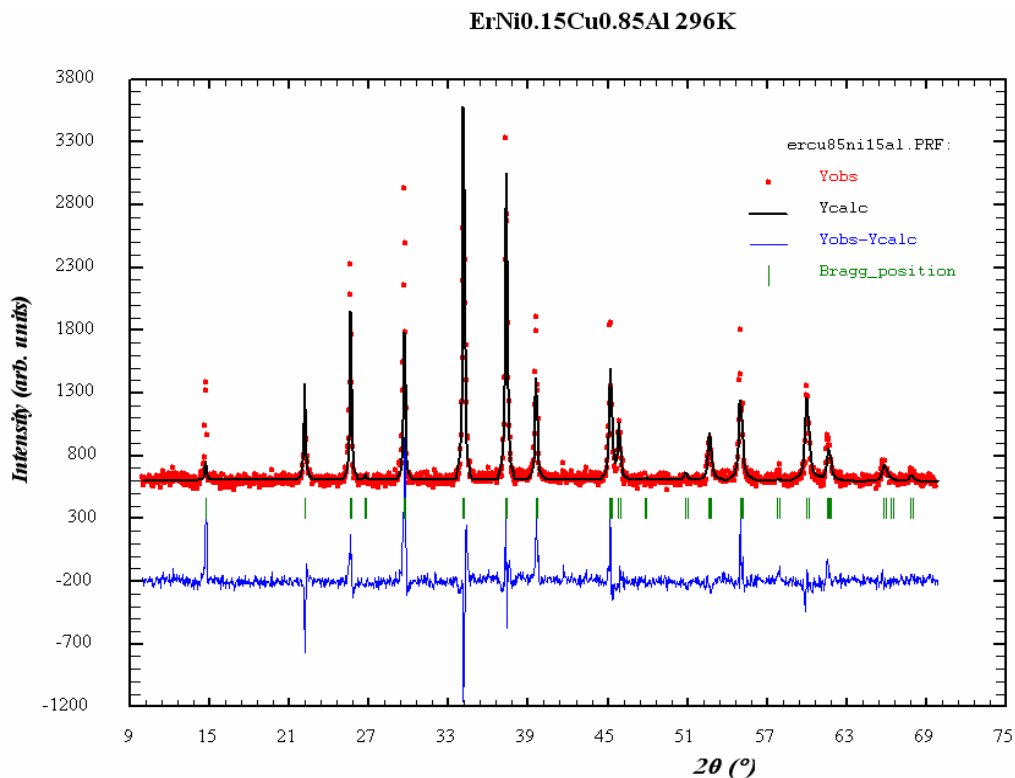
## Výsledky a diskuze

### 4.1 Krystalová struktura

Analýzu krystalové struktury jsem provedl pro dva vzorky, které jsem připravil pro účely této práce, a to  $x = 0.75$  a  $x = 0.85$ . Jako vstupní hodnoty strukturních parametrů pro Rietveldovu metodu jsem použil hodnoty výsledných parametrů pro  $x = 0.70$ , převzatých z [1] Porovnání naměřeného a vypočteného difrakčního záznamu spolu s jejich rozdílem je na obr.7 a 8.



Obr. 7. Difrakční záznam spolu s fitovanými hodnotami a jejich rozdílem pro vzorek ErNi<sub>0.25</sub>Cu<sub>0.75</sub>Al.



Obr.8. Difrakční záznam spolu s fitovanými hodnotami a jejich rozdílem pro vzorek ErNi<sub>0.15</sub>Cu<sub>0.85</sub>Al.

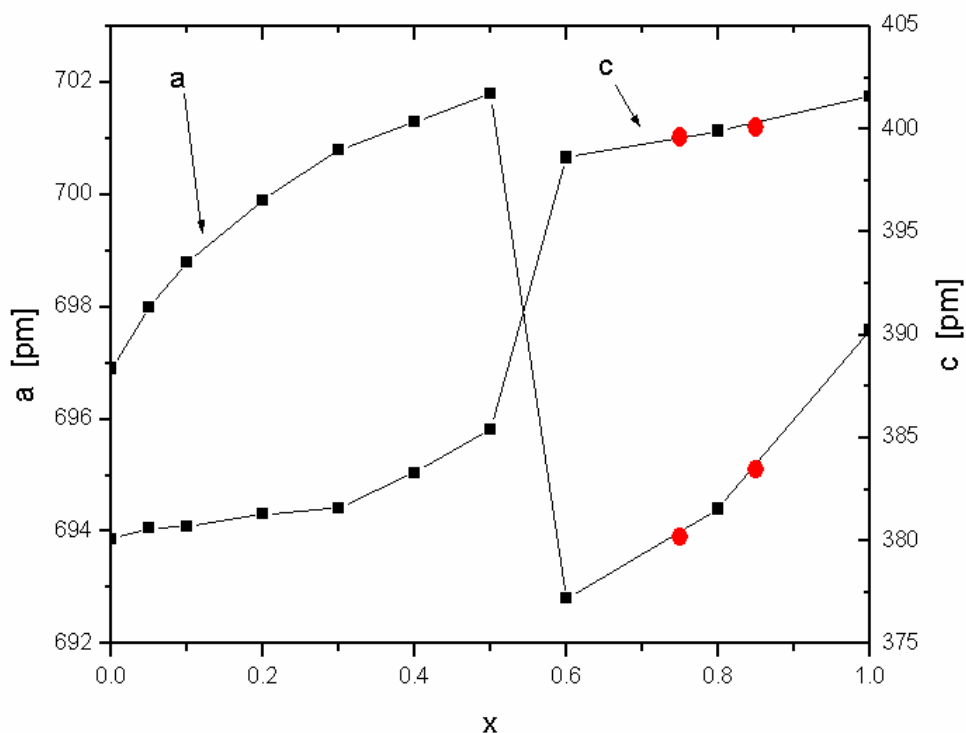
V mém případě byl cílem difrakčních experimentů zjistit především fázovou čistotu a hodnotu mřížových konstant měřených vzorků. Při zpracování difrakčního záznamu mě proto zajímaly pouze polohy reflexí a případné „cizí“ reflexe. Jak je vidět z obrázků 7 a 8, polohy naměřených reflexí dobře odpovídají fitovaným hodnotám a ani žádné cizí reflexe nebyly pozorovány. Intenzita peaků nám naproti tomu dává informace mimo jiné o frakčních souřadnicích jednotlivých atomů v primitivní buňce nebo o preferenční orientaci krystalových zrn. Protože toto nebylo cílem těchto experimentů, nebyly tyto parametry fitovány a naměřené a vypočtené intenzity se podstatně liší, jak je vidět na obrázcích 7 a 8. Pro přesné určení všech strukturních vlastností by bylo potřeba experiment provádět mnohem déle (u mě trvalo jedno měření přibližně 2 – 3 hodiny) s jemněji rozemletým práškem. To by znatelně redukovalo úroveň šumu a další zpřesňování struktury by potom mělo smysl. Vzhledem k absenci cizích reflexí lze při daném provedení experimentu říci, že vzorek je fázově čistý (v rámci chyby způsobené

úrovní měření intenzity/šum, odhadnout lze jako 2 – 3 % ). Pro lepší odhad fázové čistoty by bylo vhodné udělat měření na SEM.

Výsledné hodnoty fitovaných parametrů jsou uvedeny v Tabulce 1 a vyneseny v obrázku 9 ( spolu s výsledky předchozích měření na ostatních vzorcích tohoto systému, viz [1], hodnoty mých měření jsou barevně odlišeny). Jak je vidět z obr. 9, hodnoty získané v rámci této práce jsou v dobrém souhlasu s možným očekáváním na základě předchozích výsledků.

Tabulka 1: mřížové parametry studovaných sloučenin.

x	a (pm)	c (pm)
0.75	$693,9 \pm 0,3$	$399,6 \pm 0,2$
0.85	$695,1 \pm 0,4,$	$400,1 \pm 0,3$

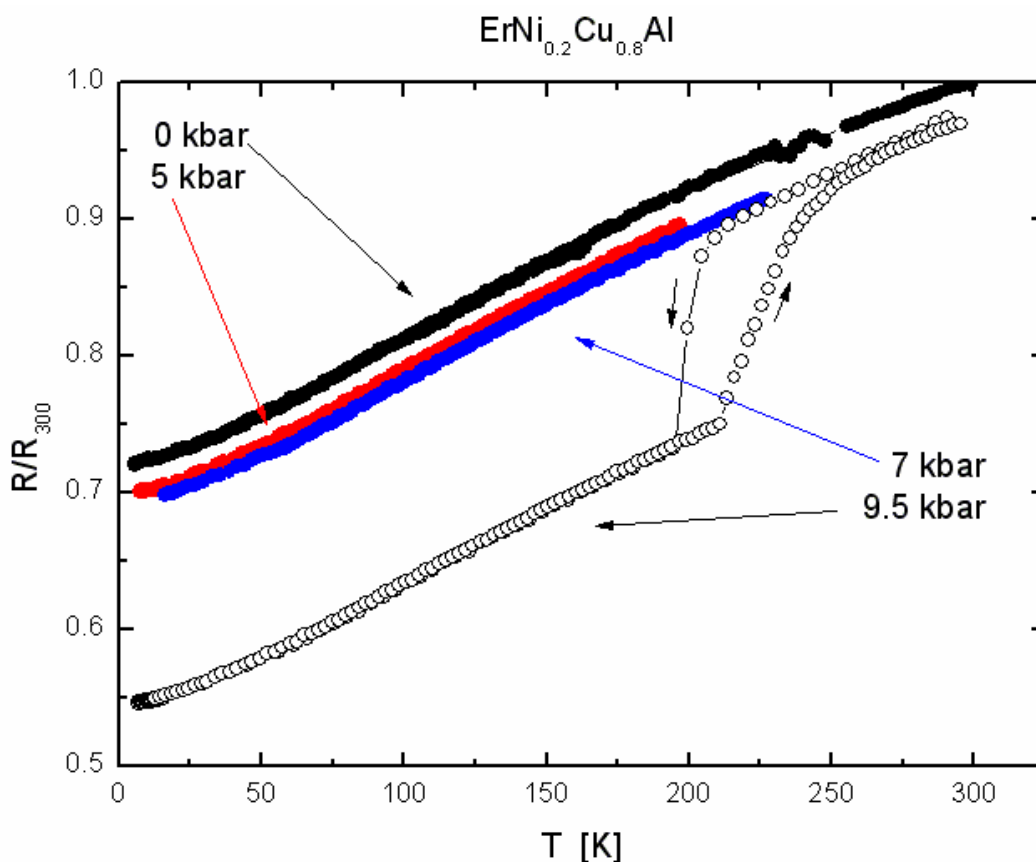


Obr.9. Závislost mřížových parametrů  $a$  a  $c$  na koncentraci  $x$  v systému  $\text{ErNi}_{1-x}\text{Cu}_x\text{Al}$  za normálního tlaku při pokojové teplotě, výsledky mých měření pro  $x = 0.75$  a  $0.85$  jsou zvýrazněny červeně, ostatní hodnoty jsou převzaty z [1].

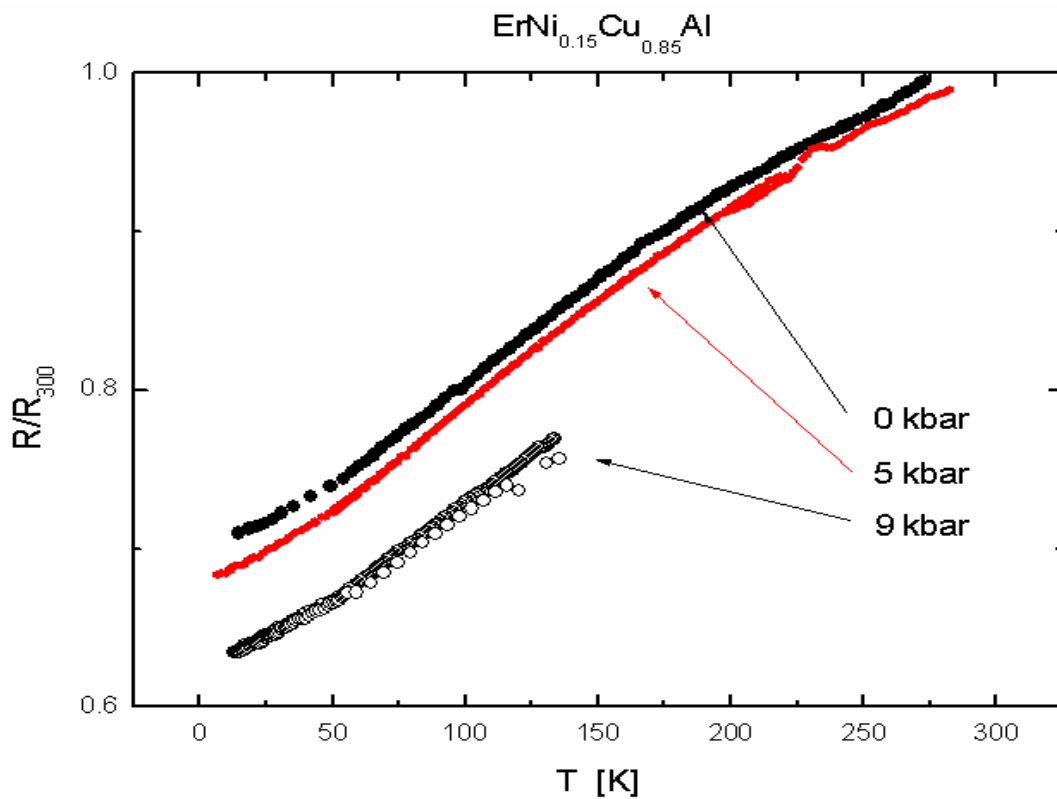
## 4.2 Závislost elektrického odporu na tlaku a teplotě

Měření jsem provedl pro dva vzorky,  $x = 85\%$  a  $x = 80\%$  pro několik různých tlaků. K určení absolutních hodnot měrného odporu by bylo potřeba určit přesné polohy kontaktů přívodních drátů na vzorek. Nejvhodnější by bylo použít k takovému měření velký vzorek, kde by šla velikost kontaktů zanedbat. V experimentech, které jsem prováděl byla velikost vzorku limitovaná obtížností přípravy vzhledem ke křehkosti materiálu a rozměry tlakové cely, takže dostatečně přesné měření absolutních hodnot měrného odporu vzorku nebylo možné (bylo by velmi nepřesné, chyba v řádu desítek procent).

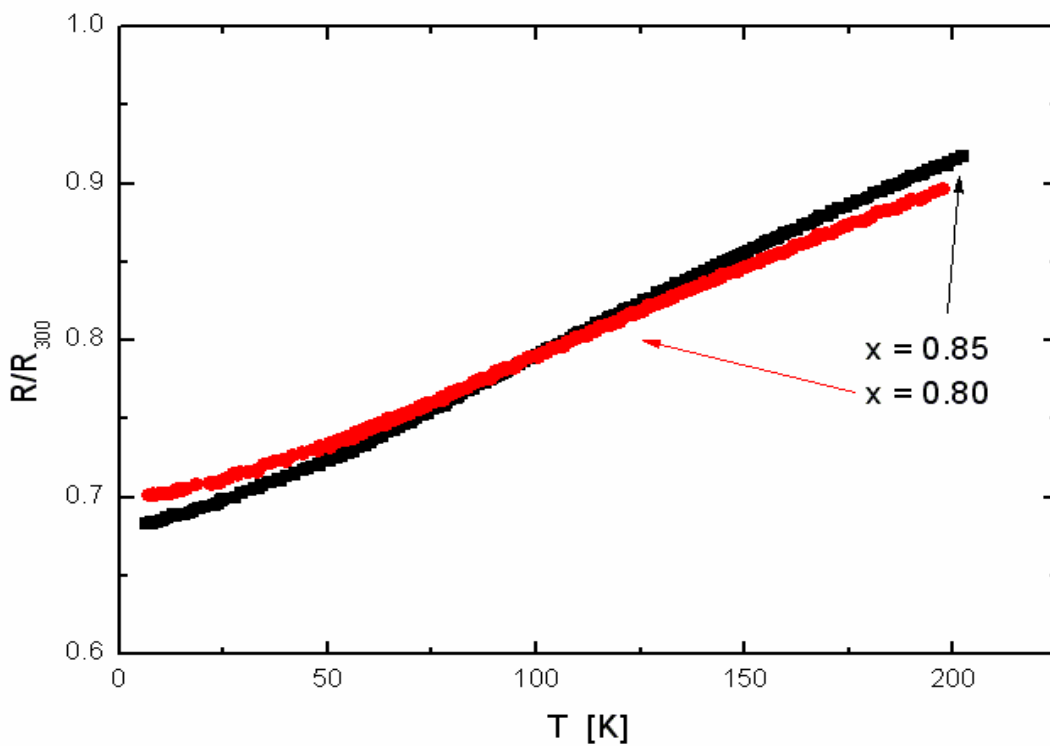
Cílem experimentu proto bylo pouze ověřit kvalitativně průběh teplotní závislosti elektrického odporu. Porovnání naměřených teplotních závislostí pro oba vzorky a několik tlaků je v obrázcích 10 až 12 (hodnoty odporů jsou vztaženy k hodnotám při teplotě 300 K).



Obr.10. Teplotní závislost elektrického odporu pro několik různých tlaků pro vzorek  $\text{ErNi}_{0.20}\text{Cu}_{0.80}\text{Al}$ , u měření při 9.5 kbar jsou ohřev a chlazení označeny šipkami.



Obr.11. Teplotní závislost elektrického odporu při několika tlacích pro vzorek  $\text{ErNi}_{0.15}\text{Cu}_{0.85}\text{Al}$ , nevhodná data u měření při 9.5 kbar (zřejmě poškození kontaktů vlivem vysokého tlaku) nad 140 K nejsou zobrazena.



Obr.12. Porovnání teplotní závislosti odporu pro oba zkoumané vzorky při tlaku 0 kbar.



Přechod do supravodivého stavu nebyl pozorován u žádného z mých měření, oba vzorky se chovají jako normální vodiče. Rovněž nebyl pozorovány žádné známky magnetického fázového přechodu v nízkých teplotách. To znamená, že k magnetickému uspořádání buď vůbec nedochází (což lze u koncentrací kolem 80% očekávat [1]), nebo k němu dochází při teplotách nižších než jsem byl schopen experimentálně dosáhnout (v systému  $\text{ErNi}_{1-x}\text{Cu}_x\text{Al}$  jsou obecně teploty uspořádání 3-6 K [1], tedy na dolní hranici našich experimentálních možností). Naměřené hodnoty odporu pro oba vzorky kvalitativně souhlasí s teoretickými předpoklady vyjádřenými vztahem (1) (kromě vzorku  $x = 0,8$  pro tlak 9,5 kbar, který bude diskutován níže). Je také vidět (obr. 10 a 11), že závislosti pro různé tlaky mají téměř totožný průběh, pouze se liší limitní hodnotou pro nulovou teplotu. Srovnáním se vztahem (1) lze usoudit, že se při aplikaci tlaku mění pouze konstantní člen  $\rho_0$ , který odpovídá rozptylu vodivostních elektronů na poruchách krystalové mřížce. Je vidět, že se zvyšováním tlaku u obou vzorků  $\rho_0$  klesá. To by nasvědčovalo snižování množství poruch mřížce. Mechanismus zodpovědný za takové chování není zřejmý a pro vyslovení nějakého závěru bude potřeba provést obdobná měření u dalších vzorků.

U vzorku  $x = 0,8$  při tlaku 9,5 kbar je vidět fázový přechod kolem 220 K, jenž vykazuje hysterezi. Takové chování odpovídá fázovému přechodu prvního druhu. V obrázku 9 je vidět, že mřížové parametry se za normálního tlaku výrazně mění při koncentraci Cu v rozmezí 0,5 a 0,6. Je pravděpodobné, že aplikací tlaku se mez tohoto přechodu posune k vyšším koncentracím  $x$  (vzhledem k růstu objemu s koncentrací  $x$  [1]). Pro ověření této domněnky by bylo potřeba určit rentgenovou difrakcí hodnotu mřížových parametrů v závislosti na teplotě a tlaku, k čemuž nemáme experimentální vybavení. Podobný efekt lze očekávat i vzorku s  $x = 0,85$  u vyšších tlaků.

Porovnáme-li teplotní průběh odporu obou měřených koncentrací, vidíme, že vykazují mírně odlišný teplotní průběh. Může to být do značné míry dáno rozdílným příspěvkem  $\rho_0$ , také by to mohlo nasvědčovat odlišnému fononovému příspěvku v (1). Je ovšem třeba říci, že měření tepelné kapacity, kde je rovněž velmi významný fononový příspěvek neukázala žádné podstatné rozdíly v celé sérii  $\text{Er}_{1-x}\text{Cu}_x\text{Al}$  [9] (u vzorku s  $x = 0,85$  ovšem tepelná kapacita měřena nebyla). Další možnou příčinou mohou být odlišnosti v příspěvku krystalového pole, na základě mých měření ale nemohu učinit konečný závěr.

## Kapitola 5

### Závěr

Možnost přechodu do supravodivého stavu se mi nepovedlo experimentálně ověřit, naměřené teplotní závislosti odporu pro oba vzorky odpovídají teoretickým předpokladům pro normální vodiče. Možnou příčinou jsou nedostatečné experimentální možnosti v oblasti vytvoření vysokých tlaků, a obtížnost dosažení dostatečně nízkých teplot při použití tlakové cely ( musí se chladit nejen vzorek, ale i poměrně velká cela). Příslibem do budoucna jsou snahy o zprovoznění dvou nových tlakových cel ( první stejného typu, jakou jsem používal já, pouze menší, druhá typu DAV, diamond anvil cell, které by měly dosahovat tlaků v řádu desítek kbar ), s nimiž by se mohlo podařit reprodukovat předchozí měření  $\text{DyNi}_{0.2}\text{Cu}_{0.8}\text{Al}$  (obr.1), případně zkoumat jiné materiály třídy  $\text{RNi}_{1-x}\text{Cu}_x\text{Al}$ , u kterých by se mohla existence supravodivého stavu také objevit.

U vzorku  $\text{ErNi}_{0.20}\text{Cu}_{0.80}\text{Al}$  jsem při tlaku 9.5 kbar pozorován pokles odporu při teplotě okolo 220 K. Tato změna pravděpodobně odpovídá fázovému přechodu spojenému se změnou mřížových parametrů.

## Literatura

- [1] J. Prchal, P. Javorský, V. Sechovský, M. Dopita, O. Isnard, K. Jurek, Journal of magnetism and magnetic materials 283 (2004) 34.
- [2] J. Prchal, P. Javorský and E. Šantavá, Physica B 359-361 (2005) 220.
- [3] G.Ehlers, D.Ahlert, C.Ritter, W.Miekeley, H. Maletta, Europhysics letters 37 (4) (1997) 269.
- [4] J.Prchal, osobní sdělení, dosud nepublikováno
- [5] Z. Arnold: High pressure in basic and material science, FZÚ AV, Praha,1999
- [6] R. C. O'Handley, Modern Magnetic Materials, John Wiley & Sons, 2000
- [7] V.Valvoda, M.Polcarová, P. Lukáč : Základy strukturní analýzy, Karolinum, Praha 1992
- [8] J. Rodriguez – Caravajal : Physica B192 (1993) 55.
- [9] P. Javorský, P. Daniel, E. Šantavá, J. Prchal, Journal of magnetism and magnetic materials, v tisku.