

Oponentský posudek na disertační práci :

Matůš Mihalik : „Instabilities of f-electron States in Compounds Based on Light Rare Earths“

Předložená disertační práce popisuje výsledky rozsáhlého experimentálního studia specifických tepel, magnetického momentu, magnetické susceptibility a elektrického odporu intermetalických sloučenin vzácných zemin typu $RERhSn$ ($RE = La, Ce, Pr$ a Nd), $REPdSn$ ($RE = La, Pr$ a Nd), $CeIr_2Si_2$ a $PrIr_2Si_2$. Většinu studovaných sloučenin se autorovi podařilo připravit ve formě monokrystalů. Mohl tak efektivně studovat výrazně anizotropní chování fyzikálních vlastností těchto látek. Práce je napsána v anglickém jazyce.

Práce je formálně rozdělená do šesti kapitol, přičemž jádro disertace tvoří rozsáhlá kapitola 4 kde jsou popsány experimentální výsledky. Práce má celkem 98 stran textu včetně dvou příloh, 51 obrázků a 7 tabulek. Mám jen poznámku ke grafické úpravě disertace. Autor umísťoval obrázky i tabulky pouze nahoru na stránku, což při velkém množství výsledků má za následek, že odpovídající obrázky jsou i o několik stránek dále než jejich popis (např. str. 45-57). To částečně snižuje přehlednost prezentace výsledků. Literatura je členěna přehledně, autor zvolil průběžný systém číslování (celkem 137 odkazů).

V úvodní kapitole je charakterizována studovaná problematika, jsou uvedeny základní nevyjasněné otázky, které budou předmětem studia a je stručně uveden obsah jednotlivých kapitol.

Ve druhé, poměrně stručné, kapitole „Teoretické základy“ jsou uvedeny základní informace o základních typech interakcí v prvcích vzácných zemin, diamagnetismu a paramagnetismu a metamagnetických fázových transformacích. V této kapitole mi chybí podrobnější diskuse o magnetokrystalové anizotropii, neboť studované sloučeniny jsou výrazně anizotropní. Mohl by autor podrobněji objasnit rozdíl mezi spin-flip a spin-flop přechodem, nejlépe s příklady ?

Třetí kapitola je věnována v první části obecnému popisu použitých experimentálních metod a v druhé části popisu použitých experimentálních zařízení. Podrobně jsou popsány metody přípravy monokrystalických vzorků a jejich analýza. Z této části bych chtěl ocenit část věnovanou rozbor různých příspěvků specifického tepla a část věnovanou analýze korekcí prováděných při měření magnetického momentu.

Kapitola 4. tvoří jádro disertace, jsou v ní popsány výsledky rozsáhlého studia fyzikálních vlastností 10 sloučenin. Skutečnost, že názvy podkapitol jsou uvedeny velmi stručné, podle struktur studovaných sloučenin je na úkor přehlednosti a nelze tak jednoduše zjistit, které sloučeniny jsou studovány v jednotlivých podkapitolách. Toto značení se „vymstilo“ i autorovi, neboť v úvodu této kapitoly je uvedena též sloučenina $NdRhSb$, výsledky jsem však v disertaci nenalezl.

Z rozsáhlé množiny originálních výsledků získaných na sloučeninách ZrNiAl – LaRhSn, CeRhSn, PrRhSn a NdRhSn, bych rád ocenil potvrzení existence supravodivosti na sloučenině LaRhSn a určení komplexního fázového diagramu sloučeniny NdRhSn. K této části mám tyto dotazy:

- Nakolik mohou hodnoty magnetického momentu Ce odvozené z hodnot magnetizace při 14 Tesla odpovídat skutečnému magnetickému momentu Ce v případě kdy ve sloučenině CeRhSn neexistuje magnetické uspořádání?
- Hodnoty koeficientu délkové roztažnosti při nízkých teplotách jsou na normálních látkách blízké nule. Hodnoty získané na CeRhSn jsou však vyšší než 10^{-5} K^{-1} . Jde o aparturní efekt způsobený tenzometry nebo o reálné hodnoty?
- Na str. 45 autor hovoří o spontánní magnetizaci $2 \mu_B/\text{f.u.}$ a o nasycené magnetizaci $3.5 \mu_B/\text{f.u.}$ Jak si lze v tomto případě představit feromagnetickou strukturu sloučeniny PrRhSn?
- Na obr. 4.11 jsou uvedeny teplotní závislosti reálné a imaginární složky ac susceptibility sloučeniny PrRhSn. Vzhledem k feromagnetickému uspořádání existujícímu v této sloučenině mám pochybnosti zda nedošlo k záměně označení reálné a imaginární složky susceptibility.
- Nechápu zcela autorovy poznámky o větší přesnosti měření ve vysokotlaké cele zvané NIMS, pokud v „pražské“ cele je měřen tlak „in situ“ při nízkých teplotách, zatímco v cele NIMS je pouze odvozován z kalibrační křivky získané při jiném experimentu. Možnost ovlivnění výsledků supravodivým přechodem Pb je diskutabilní neboť supravodivý přechod olova je velmi ostrý – cca 0.01 K – a lze ho obvykle snadno odlišit od feromagnetického přechodu.

Pokud se týče výsledků získaných na NiTiSi – LaPdSn, PrPdSn a NdPdSn, bych rád zmínil výsledky náročného studia složitého magnetického diagramu sloučeniny NdPdSn ocenil potvrzení existence supravodivosti na sloučenině LaRhSn a určení komplexního fázového diagramu sloučeniny NdRhSn. K této části mám tyto dotazy:

- Základní stav iontů Pr je devětkrát degenerován. Při analýzách Schotkyho anomálie autor v obou případech (PrRhSn, PrPdSn) určil čtyři hladiny. Dokáže autor odhadnout jaká je v tomto případě přesnost určení Schotkyho hladin?
- V práci je zmíněna existence metamagnetického fázového přechodu na sloučenině PrPdSn ve směru *b*. Na magnetické izotermě však tento přechod není zřetelný. Jak byl detekován? Jedná se o podobný přechod jako na sloučenině NdPdSn ve směru *c*?

Část věnovaná sloučeninám $\text{RE}_2\text{X}_2 - \text{LaIr}_2\text{Si}_2$ CeIr_2Si_2 a PrIr_2Si_2 je unikátní v tom, že byly připraveny vzorky téhož složení ve dvou strukturních modifikacích – tetragonálních strukturách typu ThCr_2Si_2 a CaBe_2Ge_2 lišících se uspořádáním vrstev různých druhů atomů.

To umožnilo nejen studovat základní fyzikální vlastnosti těchto sloučenin, ale i vliv změn struktury na fyzikální vlastnosti těchto sloučenin. Zde bych chtěl ocenit náročnou analýzu komplexní teplotní závislosti magnetické susceptibility v obou strukturních modifikacích sloučeniny CeIr_2Si_2 . Velmi cenné je též pozorované zásadně odlišné magnetické chování dvou fází sloučeniny PrIr_2Si_2 a konstrukce magnetického fázového diagramu nízkoteplotní fáze této sloučeniny. K této části mám tyto dotazy:

- Je známa příčina výrazně odlišných hodnot specifického tepla při nízkých teplotách v různých strukturních modifikacích nemagnetického analogu LaIr_2Si_2 ?
- U nízkoteplotní fáze sloučeniny PrIr_2Si_2 byl pozorován při nízkých teplotách vzrůst susceptibility i specifického tepla. Mohou spolu tyto dva efekty souviset?

Pátá kapitola obsahuje stručnou diskusi získaných výsledků. Domnívám se, že úvodní část diskuse, se znalostí věci kvalifikovaně popsaný význam a výhody studia monokrystalických vzorků, patří spíše do úvodních kapitol.

V závěrečné, šesté kapitole jsou jasně, stručně a srozumitelně shrnuty výsledky uvedené v předchozích kapitolách. Kromě obecných závěrů oceňuji stručný nástin možných směrů budoucího studia, především výzkum příčin výrazně odlišného magnetického chování dvou strukturních modifikací sloučenin typu RE_2X_2 se stejným objemem elementární cely a lišících se pouze uspořádáním atomů na krátkou vzdálenost a detailní studium komplexního fázového diagramu sloučeniny PrIr_2Si_2 pomocí neutronové difrakce.

V práci je minimum překlepů, viditelnější je snad jen překlep v názvu kapitoly 2.3.

Připomínky a poznámky uvedené v tomto posudku nesnižují velmi dobrou kvalitu práce. Předkládaná práce splňuje jak volbou témat a metod, tak i úrovní zpracování požadavky kladené na disertační práci. Disertační práce jednoznačně prokazuje předpoklady autora k samostatné tvořivé práci.

říjen
Praha, 30. listopadu 2008



RNDr. Zdeněk Arnold, CSc.

Fyzikální ústav AV ČR