

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy v Praze

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor/ka: Petr Opletal

Název práce: Kritické chování v magnetických fázových diagramech uranových sloučenin

Studijní program a obor: Fyzika, fyzika kondenzovaných soustav a materiálů

Rok odevzdání: 2015

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: Doc.RNDr. Ladislav Havela, CSc.

Pracoviště: KFKL, MFF UK

Kontaktní e-mail: havela@mag.mff.cuni.cz

Odborná úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Věcné chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu přiměřený počet méně podstatné četné závažné

Výsledky:

- originální původní i převzaté netriviální kompilace citované z literatury opsané

Rozsah práce:

- veliký standardní dostatečný nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Tiskové chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet četné

Celková úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/opponenta:

Předložená diplomová práce je zabývá syntézou a výzkumem systému kvaziternárních intermetalických sloučenin uranu na bázi sloučeniny UCoAl. Tento materiál je znám již po několik desetiletí jako tzv. pásový metamagnet, který se vyznačuje základním stavem bez magnetického uspořádání, ale stav ekvivalentní feromagnetu lze indukovat vnějším magnetickým polem, které vede k metamagnetickému přechodu. Při něm jsou indukovány magnetické momenty především na iontech uranu. Ačkoli je jasné, že UCoAl je velmi blízko nástupu "běžného" feromagnetismu, detailní charakteristika tohoto základního stavu je stále předmětem intenzivního studia v předních světových laboratořích. Jednou z metod je dopování neboli substituce malého množství dalšího kovového prvku. V minulosti bylo studováno především dopování atomy Fe. To vede ke stabilizaci feromagnetismu, ale ne tak, že by se postupně objevila malá spontánní magnetizace nebo teplota uspořádání by se postupně zvyšovala od teploty nulové, ale kritické magnetické pole metamagnetického přechodu se posouvá do nižších hodnot, a že se dostane na hodnotu nulovou a stav metamagnetický se tak stane stavem základním. Opačné, t.j. zvyšováním kritického pole, působí vnější tlak, který ze stavu feromagnetického dokáže indukovat metamagnetické chování.

Případ dopování malým množstvím ruthenia, studovaný v předložené práci, funguje alespoň kvalitativně podobně. Autor připravil sérii tří monokrystalů s postupně rostoucí koncentrací Ru. Práce s monokrystalu je v této choulostivé oblasti poblíž nástupu magnetismu velkou výhodou. Zpravidla se tím eliminují příměsové fáze, ale především jsou studovány vlastnosti včetně anizotropie, která sama je významnou fyzikální informací. Příprava monokrystalů a jejich orientace je však řádově složitější a časově náročnější než výzkum na polykrystalech. Náročnost experimentálních aktivit zde umocňuje využití měření magnetizace ve vysokých tlacích, což stále nepatří k rutinním experimentálním technikám, zvládnutelným v každé běžné nízkoteplotní laboratoři. Proto je třeba konstatovat, že ačkoli je diplomová práce poměrně útlá a vlastní nízkoteplotní experimenty a jejich výsledky jsou posány na méně než 15 stránkách, jedná se o produkt značného a dobře organizovaného úsilí, a získané výsledky jsou unikátní ve světovém kontextu.

Vlastní strukturu práce považuji za poměrně nešťastnou. Stručná teoretická úvodní část je koncipována tak, že autor sice vyjde z klasických učebnicových poznatků, do kterých zahrnuje zbytečně i aspekty jako diamagnetismus, když by se však měl dostat k teoretickým základům, rámuje a objasňuje vlastní výsledky, dojde mu překvapivě dech. Klasická Stonerova teorie pásového feromagnetismu operující s představou molekulárního pole nedává patřičný mikroskopický náhled, a zcela je zde pomínuta problematika pásového metamagnetismu, okolo kterého se celá práce točí. Jednotlivé příspěvky k teplotní závislosti elektrického odporu jsou v části 2.3. nahozeny také v klasickém učebnicovém duchu, a není ani zmínka o tom, že v kvantově kritickém režimu se běžný člen aT^2 v důsledku interací uvnitř Fermiho kapaliny mění na anomální člen s nižším exponentem (což je ve vlastních výsledcích skutečně popsáno). Patrně nejdůležitější obrázek je obr. 1.1, uvedená konkrétněji jako 3.3 a 3.4, avšak detailnější popis, vysvětlující jednotlivé fáze nebo varianty, v textu chybí. Obr. 5.16, inzerovaný jako fázový diagram, ve skutečnosti fázovým diagramem není, žádné fáze zde vyznačeny nejsou.

Práce je vypracována v jazyce anglickém. Její jazykovou úroveň bych charakterizoval výrazem "srozumitelná". Kromě banalit jako častá absence členů se zde objevují nepřesně formulované věty, jako (str. 3) "5f electron states interact with electron of neighboring ions..." Sloslovím "Magnetic interactions between magnetic moments" jsou zde míněny výměnné interakce, nikoli interakce magnetických dipólů.

Svůj posudek bych shrnul v tom smyslu, že v práci kontrastuje vysoká kvalita materiálů i experimentálních dat s nevhodným nebo neúplným diskusním rámcem. Rád bych věřil tomu, že se zde projevuje spíše nedostatek času než nechť autora ke studiu literatury a ke snaze o hlubší pochopení problematiky. V tomto okamžku navrhuji uznání práce jako práce diplomové a

hodnocení "velmi dobře", které však může být modifikováno oběma směry v závislosti na tom, jak se autor zhostí náročných úkolů, jež jsem mu předestřel v sekci následující.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

Z předchozího textu je zřejmé, že část mé kritiky je založena na nevhodně zvoleném intelektuálním rámci úvodních částí. Dalším nedostatkem (který však autor může během obhajoby napravit) je vytržení výsledků z kontextu existujících dat na monokrystalech UCoAl a to jak čistých, tak dopovaných železem, které na první pohled dávají kvalitativně shodný vývoj jako dopování rutheniem. Jak daleko sahá tato analogie? Je zde třeba uvést, že zajímavé jsou shody i odlišnosti. Odlišnost může napovědět, do jaké míry je hlavní vliv dopování v expanzi krystalové mřížky. Zajímavá je případná univerzalita chování, která může být hlavním výsledkem této práce, a která může napovědět něco o mikroskopických mechanismech v pozadí. Čtenáře bude také jistě zajímat, jak se hodnoty reziduálního odporu a odporu při pokojové teplotě mění při změně koncentrace Ru a to vše vůči publikovaným hodnotám na čistém UCoAl. Změna odporu jako funkce magnetického pole na metamagnetickém přechodu pak může odhalit, jestli jsou vodivostní elektrony ovlivněny nějakou rekonstrukcí Fermiho plochy (v tomto případě by $\Delta\rho/\rho_0$ nezáleželo na ρ_0) nebo jestli jsou ovlivněny rozptylem na spinových fluktuacích (v tomto případě bych čekal, že $\Delta\rho$ nezáleží na ρ_0). Jak odpovídá paramagnetická susceptibilita čistému UCoAl a jak vážně máme brát neuvěřitelně přesné hodnoty fitovacích parametrů na str. 36? Zkusil autor fitovat různé dlouhé teplotní obory? Jak si je autor jistý exponentem rezistivity $3/2$, indikovaném v nemagnetickém stavu? Na čistém UCoAl byl s velkou dávkou věrohodnosti indikován exponent $5/3$, predikován teoreticky v okolí feromagnetického kvantového bodu 3D typu. Dále by bylo dobré uvést proč autor předpokládá, že Ru obsazuje polohy Co ve struktuře ZrNiAl.

Práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/opponenta:

Praha, 13. května 2015

L. Havela
