

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy v Praze

- posudek oponenta
- disertační práce

Autor: **Břetislav Šopík**

Název práce: **Superconductivity in disordered systems**

Studijní program a obor: **F3 – Fyzika kondenzovaných látek a materiálový výzkum**

Rok odevzdání: 2010

Jméno a tituly vedoucího/oponenta: **RNDr. Tomáš Novotný, Ph.D.**

Pracoviště: KFKL MFF UK

Kontaktní e-mail: tno@karlov.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/oponenta:

Předložená disertační práce nazvaná „Superconductivity in disordered systems“ Mgr. Břetislava Šopíka vypracovaná pod vedením Doc. Pavla Lipavského se zabývá teoretickým studiem supravodivosti v systémech se silnou interakcí a za přítomnosti neuspořádanosti. Je rozdělena do dvou částí zabývajících se jednak supravodivostí borem dopovaného diamantu a dále vývojem teorie supravodivosti na bázi T-matrice. První část je silně motivována experimentem, zatímco druhá je čistě formální. Obě části jsou ideově sjednoceny konceptem vyloučení self-interakce z příslušného poruchového rozvoje.

První část práce studuje problematiku supravodivosti v borem dopovaném diamantu. Jedná se o aktuální, stále otevřené a nesmírně fyzikálně i formálně obtížné téma. Problémem je zejména fakt, že supravodivost je v diamantu, který je v čistém stavu pochopitelně izolátorem, indukována náhodným příměsí boru. Jde tedy o zcela teoreticky otevřené téma neuspořádaností-indukované supravodivosti. Autor k němu přistoupil v dobrém smyslu pragmatiky a využil fenomenologického rozšíření Belitzovy teorie pro neuspořádané supravodiče s jediným mikroskopicky spočteným vstupem pro studovaný systém, kterým je hustota stavů na Fermiho mezi. Ta je pak studována sofistikovanou mikroskopickou teorií ve formě CPA (coherent potential approximation) a jejího rozšíření DCA (dynamical cluster approximation). Výsledky ve formě zmíněné hustoty stavů a z ní odvozené kritické teploty jsou porovnány s experimentálními hodnotami v závislosti na koncentraci boru a potenciálních korelací jeho umístění s rozumným souladem (v daném fyzikálním kontextu). Jádrem této části práce je v kapitole 5 uvedená formulace a implementace algoritmu DCA, který zachovává analytické vlastnosti self-energie a Greenovy funkce, a tudíž i kauzalitu.

Druhá část práce rozšiřuje předchozí studii školitele o zobecnění Galitskii-Feynmanovy aproximace na supravodivé systémy. Nejprve shrnuje vlastnosti dvou historických aproximací na bázi T-matrice (Galitskii-Feynman a Kadanoff-Martin) a jejich předpovědi pro supravodivý stav a poté přichází s novým předpisem, který i) umožňuje popsat supravodivý stav, ii) je termodynamicky konzistentní ("conserving") a iii) popisuje stabilní kondenzát. To je značný úspěch, neboť dosud žádná z předchozích teorií všechny tyto vlastnosti současně nesplňovala. Základem navrženého postupu je chytré vyloučení self-interakce z resumovaného poruchového rozvoje.

Obě části jsou odborně na vysoké úrovni a celkově práce působí po odborné stránce velmi působivě. Mým jediným, avšak poměrně velkým problémem je značně nezdařilá forma prezentace se spoustou formálních nedostatků, která velmi kazí jinak vynikající dojem z práce. Za šokující považuji fakt, že autor po sobě finální verzi vůbec nečetl. Jinak nelze pochopit množství překlepů vyskytujících se v textu, kterých si lze povšimnout prakticky okamžitě, když se člověk na chvíli ponoří do textu. Jedná se o "dyslektické" překlepy, které by odhalil libovolný spell-checker, pokud by byl ovšem použit (jenom v předmluvě, Ch. 1, jsem si povšiml "abilii" a "simmilar"). Za naprosto tragický považuji souhrn literatury ("Bibliography") - již jen letmý pohled jasně svědčí, že něco šlo velmi špatně. Autora evidentně zaskočil BibTeX - jeho vlastností je, že všechna písmena v názvu automaticky píše jako malá. Tím se všechna vlastní jména (např. galitskii-feynman), názvy aproximací (bec-bcs) a značky prvků (bor b apod.) změnila v paskvily. Nechápu, že si toho autor vůbec nevšiml. BibTeX rovněž občas vynechá přehlasovaná písmena ze jmen autorů (např. v [MH73]), což je třeba ošetřit. Rovněž pochybuji, že Vonsovsky, Izyumov a Kurmaev napsali během jednoho roku u Springeru dvě knihy lišící se pouze čtyřmi slovy v názvu ([VIK82a] a [VIK82b]). V obrázcích úvodní sekce lze rovněž nalézt pár zbytečných formálních nedostatků. V obr. 2.4 je chybný popis vertikální osy, v obr. 3.1 chybí jednotky uvádějící teplotu

(Kelviny?), v popisu obr. 3.2 chybí uvedení zdroje. Některé klíčové kapitoly (4, 5 a 10) mohly být poněkud rozšířeny a výklad mohl být plynulejší a ke čtenáři přívětivější. Práce je spíš kratší (80 stran hlavního textu + 3 stručné dodatky), takže případné prodloužení by nebylo na obtíž čtivosti.

Přes tyto formální nedostatky, které zcela zbytečně škodí jinak pozitivnímu dojmu, se domnívám, že celkově jde o velmi kvalitní práci, ve které autor prokázal značný přehled fyzikálních principů i technických metod a úspěšně rozšířil fyzikální poznatky svým vlastním tvůrčím přínosem. Doporučuji proto tuto práci k obhajobě a jejímu následnému uznání jako disertační práce pro získání titulu Ph.D.

### **Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:**

Co je  $I$  v rovnici (4.21) a proč není operátorový znak nad  $\Sigma(z)$ ?

Můžete pořádně předvést odvození sumace po frekvencích v sekci 5.2.3 (např. v rovnici (5.30) integrační křivka není nijak specifikována)?

Objasněte/napravte tvrzení v prvním paragrafu na str. 40. Jsou znaménka v rovnicích (5.55-58) v pořádku (já si to nemyslím)? Naprosto nerozumím rovnici (5.68), prosil bych vysvětlit.

Jak jste určil  $V_{BCS}$  na str. 51? V jakých jednotkách jsou veličiny uvedené u obrázku 6.10? Proč v něm MacMillanova formule dává nemonotónní závislost  $T_c$  na koncentraci (nezdá se být nikde jinde)?

Formulka (9.1) je dost nestandardní, v jakém časovém obraze pracujete a vůči jakému Hamiltoniánu? Jak definujete interakční obraz v (9.2)? Jaký je vztah mezi  $G_2$  a T-maticí (Baym-Kadanoffovy podmínky jsou formulovány pro  $G_2$ , zatímco  $V_y$  pracujete s  $T$ )?

Můžete objasnit argumentaci při zkoumání stability kondenzátu, rovnice (9.29-31) a (10.21-24)? Co přesně říká rovnice (9.29), pro co je to rovnice?

Co myslíte větou mezi rovnicemi (10.8) a (10.9)? Úprava v rovnici (10.9) se mi nezdá konzistentní s rovnicí (10.7).

Rozumím správně, že rovnice (B.18) je ekvivalentní  $1/(i\omega_n\tau_0 - \epsilon \tau_3)$ ? Kam se poděly zbytky  $z'$  ve jmenovateli rovnice (C.10)?

### **Práci**

doporučuji  
uznat jako disertační.

Místo, datum a podpis oponenta:

V Praze, dne 20. 8. 2010

*Janáš Havránek*