

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy v Praze

- posudek vedoucího       posudek oponenta  
 bakalářské práce       diplomové práce

Autor/ka: Michal Kloc  
Název práce: Kvantové kritické jevy v konečných systémech  
Studijní program a obor: Fyzika, Jaderná a subjaderná fyziky  
Rok odevzdání: 2013

Jméno a tituly vedoucího/oponenta: prof. RNDr. Pavel Cejnar, Dr., DSc.  
Pracoviště: ÚČJF MFF UK  
Kontaktní e-mail: cejnar@ipnp.troja.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:

Diplomová práce M. Kloce je věnována teoretickému studiu kvantových fázových přechodů v systémech s konečným počtem stupňů volnosti. Autor se seznámil s relativně náročnou problematikou kvantových fázových přechodů a samostatně provedl řadu numerických i analytických výpočtů, jejichž výsledky přehledně prezentoval (s využitím mnoha obrázků) ve třech tematicky orientovaných kapitolách práce. Techničtější pasáže jsou uvedeny v dodatcích. Práce je psána anglicky a má dobrou jazykovou úroveň.

Po zavedení a náležité diskusi potřebných pojmů student detailně zpracovává ilustrativní příklad, kterým je analýza kvantových fázových přechodů pro základní a excitované stavy v jednodimenzionálním Lipkinově modelu. Přestože struktura fázových přechodů v tomto modelu byla již popsána v literatuře, student vykonal nezanedbatelné množství práce při programování numerického řešení příslušného hamiltoniánu a při analýze získaných výsledků pomocí klasického potenciálu v souřadnicovém prostoru. Diskuse těchto výsledků je v práci provedena jasným a přehledným způsobem, takže může sloužit jako názorný úvod do problematiky.

V následujícím textu se student zaměřuje na studium kvantové provázanosti („entanglement“) v kvantových fázových přechodech, zejména pro excitované stavy (fázové přechody pro základní stav vykazují v kritickém bodě řídicího parametru dobře známou singularitu kvantové provázanosti, která je analogem divergující korelační délky pro klasické fázové přechody). K tomuto účelu jsou v práci použity dvě verze kvantově-optického modelu, jenž schematicky zachycuje interakci fotonů s atomy v dutinovém rezonátoru (tzv. Dickeho a Jaynes-Cummingsův modely). Jaynes-Cummingsův model je, podobně jako Lipkinův model, integrovatelný a pro zadané hodnoty integrálu pohybu dává konečná spektra. Numerické řešení bylo v tomto případě analogické jako u Lipkinova modelu. V případě neintegrovatelného Dickeho modelu, jehož energetické spektrum je shora neomezené, musel student nejprve vyřešit netriviální problém konzistentního ořezávání báze Hilbertova prostoru pro numerickou diagonalizaci, s čímž si poradil velmi dobře.

Míra kvantové provázanosti je studována pomocí entropické veličiny, jejíž zavedení je v práci řádně vysvětleno a okomentováno. Nejprve je proveden testovací výpočet provázanosti v okolí kritického bodu fázového přechodu základního stavu v Dickeho modelu, kdy je reprodukován z literatury známý výsledek navýšení provázanosti obou podsystémů atomy-pole. V následujícím se student věnuje analýze míry kvantové provázanosti pro excitované stavy. Ukazuje se, že v integrovatelném Jaynes-Cummingsově modelu se objevuje systematické a pravidelné snížení kvantové provázanosti při energiích rovných energii fázového přechodu. V případě neintegrovatelného Dickeho modelu je vliv excitovaného fázového přechodu na kvantovou provázanost méně patrný, nicméně i tak bylo zjištěno, že míra provázanosti jako funkce excitační energie a řídicího parametru vykazuje jisté zajímavé zákonitosti. Uvedené výsledky vidím jako první kroky ve zkoumání této problematiky. V práci na ní hodláme pokračovat v rámci postgraduálního studia.

Diplomovou práci M. Kloce pokládám za velmi zdařilou. Kromě konkrétních dosažených výsledků, které jsou zajímavé a slibné pro další bádání, je na ní cenné i to, že poskytuje přiměřený úvod do studia dané problematiky pro další studenty. Navrhuji, aby práce byla uznána k udělení magisterského titulu a aby byla hodnocena známkou „výborně“.

## Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

### Práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

### Navrhuji hodnocení stupněm:

výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta:

V Praze 13.5.2013