

# Posudek doktorské disertační práce

Matematicko-fyzikální fakulta  
Univerzity Karlovy v Praze

Autor práce: **Mgr. Jiří Pešek**

Název práce: **Tepelné procesy v nerovnovážných stochastických systémech**

Obor: 4F1-Teoretická fyzika, astronomie a astrofyzika.

Rok odevzdání: 2013

Pracoviště: Oddělení teorie kondenzovaného stavu, Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i.

Posuzovatel: *RNDr. Karel Netočný, Ph.D.*, školitel doktoranda

Vážení členové komise pro obhajobu,

předložená disertační práce Mgr. Jiřího Peška se zabývá teoretickým studiem otevřených mezoskopických systémů daleko od termodynamické rovnováhy, jejich stacionárních stavů a pomalých termodynamických transformací. Tyto mezoskopické systémy a jejich dynamika je modelována prostřednictvím stochastických (obvykle markovovských) procesů a jejich termodynamická interpretace vychází z lokálních modifikací principu detailní rovnováhy. Tento přístup, obvykle označovaný jako stochastická termodynamika, umožňuje konzistentně popisovat systémy a procesy, které jdou daleko za rámec standardních postupů rovnovážné a slabě nerovnovážné statistické termodynamiky. Hlavní výhodou tohoto přístupu je konzistentní zahrnutí fluktuací a jejich exaktních symetrií, známých jako fluktuační teorémy. Zatímco tyto, dnes již klasické obecné výsledky, jsou poměrně dobře pochopeny a hojně citovány v literatuře, základní termodynamický problém tepelné výměny mezi silně nerovnovážným systémem a jeho okolím stále skrývá množství nevyřešených otázek. Cílem tohoto disertačního projektu bylo právě studium tepelné výměny při kvazistatických (tzn. pomalých) transformacích mezi nerovnovážnými stacionárními stavy, především na úrovni konzistentní matematické formulace tohoto netriviálního problému. Práce bezprostředně navazuje na některé ideje zformulované japonskými teoretiky S.-I. Sasou, H. Tasakim a jejich pracovní skupinou. Podstatná část výsledků v tomto projektu byla získána v aktivní spolupráci s belgickou teoretickou skupinou prof. C. Maese (K. U. Leuven), již doktorand několikrát během svého studia navštívil.

Disertační práce přináší nové výsledky v následujících třech dílčích podprojektech.

1) V první řadě jde o zformulování matematicky konzistentní teorie výpočtu reverzibilní komponenty tepla při obecné kvazistatické transformaci nerovnovážných stacionárních stavů. Přestože tento problém byl již dříve diskutován v literatuře, nový algebraický přístup umožňuje jednodušší výpočet střední hodnoty reverzibilního tepla, jak bylo demonstrováno na řadě modelových příkladů. Zcela novým výsledkem, publikovaným v *Europhys. Letters*, je přirozené rozšíření konceptu tepelné kapacity na silně nerovnovážné stacionární systémy a detailní analýza jejich vlastností včetně anomálií v podobě záporných hodnot. Tento rozbor a důkladná fyzikální interpretace modelových výsledků vyústila v další publikaci. Je nutné zmínit, že Jiří Pešek zde prokázal značnou odolnost vůči dílčím neúspěchům, protože původním cílem zde bylo spíše analyzovat možnost nerovnovážných rozšíření Clausiovy

relace pro reverzibilní komponentu přeneseného tepla – toto se však v průběhu řešení ukázalo jako neschůdné a vyžadující jiná renormalizační schémata pro teplo a příbuzné veličiny.

2) Zcela originálním a netriviálním výsledkem celého projektu je rozšíření kvazistatického formalismu na periodicky řízené kvazistacionární systémy, pro něž tato otázka dosud nebyla diskutována v literatuře. Tato část byla velmi technicky náročná a Jiří Pešek v ní více než kde jinde prokázal svou matematickou erudici a schopnost originálně formulovat a kriticky posuzovat své teoretické nápady. Některé interpretační obtíže získaných výsledků jsou hlavním důvodem, proč publikace této velmi zajímavé práce je stále v přípravě (chyba v tomto případě není na straně doktoranda).

3) Jestliže první a druhý podprojekt se omezují na markovovské procesy (tzn. bez paměti), třetí se snaží udělat první krok směrem k rozšíření na obecnější typy procesů a diskutuje otázku oprávněnosti markovovské aproximace. Přestože oddělování pomalých a rychlých stupňů volnosti je ve statistické fyzice klasickým a mnoha postupy řešeným problémem, zde je především diskutována zajímavá souvislost mezi blízce markovovskými procesy a kvazistatickými procesy. Dříve vyvinutý kvazistatický formalismus je přímo aplikován jako systematická metoda pro rozbor markovovského chování efektivní dynamiky pomalých stupňů volnosti. Dosažené výsledky jsou slibné a otevírají zajímavé možnosti pro další pokračování celého projektu.

Obecně lze konstatovat, že Jiří Pešek při řešení svého projektu prokázal své nesporné tvůrčí schopnosti, nezávislost, originalitu svých návrhů a dostatečnou schopnost jejich přesné formulace – tedy základních podmínek pro úspěšnou vědeckou práci. Ocenil bych také úvodní kapitoly jeho disertační práce, ve kterých se nespokojil s pouhým obecným shrnutím a nekritickým přehledem běžných postupů, ale naopak si dal záležet, aby celý text působil koherentně a byl skutečným úvodem do následujících technicky náročných kapitol. Nemohu však nezmínit i některé stinné stránky, které jdou ruku v ruce se zmíněnou originalitou: Mám na mysli určité podceňování jazykové stránky psaného textu a ne zcela systematická práce s literaturou, které se částečně projevují i na samotné disertaci. Je zřejmé, že citovány jsou jen ty práce, které byly bezprostředně využity v samotném projektu. I když rešeršní část vskutku mohla být poněkud detailnější, je třeba uznat, že žádná zásadní práce týkající se konkrétních řešených problémů nebyla opomenuta.

Kromě dvou impaktovaných vědeckých publikací a práci na dalších, jejichž publikování připravujeme, doktorand prezentoval své výsledky i na několika mezinárodních konferencích, včetně konferenčních přednášek („SigmaPhi 2011“ a „MECO 37“) a několika posterů. Byl také řešitelem doktorandského grantu (GAUK č. 51410). Kromě toho se již několik let po sobě aktivně podílí na vedení cvičení k dvousemestrální přednášce „Termodynamika a statistická fyzika“ v Ústavu teoretické fyziky MFF UK a jeho zodpovědnou pedagogickou práci je třeba velmi ocenit.

Závěrem konstatuji, že předloženou disertační práci považuji po formální i obsahové stránce za způsobilou k zahájení její obhajoby. Doporučuji, aby tato práce byla uznána, a aby byl v případě úspěšné obhajoby Mgr. Jiřímu Peškovi udělen titul Ph.D.