

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího       posudek oponenta  
 bakalářské práce       diplomové práce

Autorka: **Ekaterina Berestneva**

Název práce: **Stochastická dynamika a termodynamika v nerovnovážných stacionárních stavech**

Studijní program a obor: **Fyzika, FKSM**

Rok odevzdání: **2020**

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

Pracoviště: **109-KFKL**

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 oponenta:

Práce sestává ze dvou hlavních částí, které spojuje obecné téma studia stochastické dynamiky podmíněné na určitou vlastnost studovaného stochastického procesu. V první části (kapitola 2) jde o obecně stochastický pohyb ve vysoce nestabilních polynomiálních potenciálech podmíněný na nedivergenci trajektorie, ve druhé části (kapitola 3) pak o stochastický pohyb v režimu rohatky („ratchet“) podmíněný danou hodnotou produkce entropie. Zmíněné dvě kapitoly jsou uvedeny stručným úvodem do tematiky v kapitole 1 a pak ještě stručněji shrnuty v závěru v kapitole 4. Bibliografie zahrnuje 50 citací včetně jednoho článku, jehož je diplomantka spoluautorkou (reference č. 39, kde ovšem bohužel zrovna chybí název časopisu).

Po odborné stránce je práce na výši, téma je aktuální a poměrně obtížné, studentka jasně prokázala znalost klíčových teoretických konceptů i jejich úspěšné použití v konkrétních případech. S prací mám ovšem značný problém po stránce prezentační, kde dosažená úroveň velmi zaostává za úrovní odbornou. Nejde ani tak o překlapy, kterých jsem až tolik nenašel, ale primárně jde o způsob a styl prezentace, který má občas zásadní problémy vyjádřit požadovanou myšlenku či správně popsat získané výsledky. Tato vada významně snižuje kvalitu a občas i samotnou srozumitelnost předložené práce a je výhradním důvodem pro mnou navržené snížené hodnocení práce.

Uvedu zde pouze několik nejzávažnějších případů problematické prezentace.

1. Rce (2.25) se mi jeví velmi pochybná, nevím, zda nejde o překlep a autorka myslela pouze  $n=0$ , nebo myslí rovnici skutečně vážně. Pokud ano, domnívám se, že rovnice nemůže takto obecně platit. Vezmeme-li jako příklad Ornstein-Uhlenbeckův proces, který odpovídá kvadratickému potenciálu a příslušná Schrödingerova rovnice je pro lineární harmonický oscilátor, řekl bych, že všechny vlastní funkce  $p_n(x)$  pro lichá  $n$  jsou ze symetrie lichými funkcemi  $x$ , a jejich integrál (2.25) je tudíž nulový. Normalizace na jedničku pak tedy není vůbec možná.
2. Zavedení Q-procesu v sekci 2.5 na str. 16 je dost zmatečné a rovnice (2.57) by zřejmě měla následovat spíše až po další rovnici (2.58).
3. V obr. 2.6 zcela chybí popis modelu a parametrů použitých pro získání obrázku. Dále nemohu souhlasit s tvrzením na str. 19, že obrázek demonstruje konstantnost funkce  $s_0(x)$  pro velká  $x$ , což se posléze využije k odvození tvaru efektivního potenciálu.
4. Tvrzení pod rovnicí (3.14) je podle mě chybné; jde o hledání levého vlastního vektoru Liouvilleánu/matice rychlostí změn, který přísluší stac. stavu, což obvykle bývá triviální konstantní vektor, z něhož se (mimo rovnováhu) nedá stac. stav nijak jednoduše odvodit.
5. Definice veličin v sekci 3.2 na str. 27 a 28 jsou dost zvláštní (netvrdím, že nutně špatně), minimálně jejich slovní popis nesedí rozměrově – např. nesouhlasím s tím, že „average time spent by the process in the state  $n$  converges towards probability  $p(n)$ “, neboť obě veličiny mají minimálně jiný fyzikální rozměr. Stejnou námitku mám vůči interpretaci rce (3.19) jako údajně středního počtu přeskoků a podobně nesedí fyzikální rozměr v rci (3.21) definující proud.
6. Definice longitudinálního proudu (3.24) nedává fyzikálně žádný smysl – součet proudů přes 3 následující proudové průřezy nemá naprosto žádné fyzikální opodstatnění (např. aritmetický průměr by aspoň nějaký smysl měl).
7. Obr. 3.2 demonstruje grafické prezentační problémy společné též dalším následujícím obrázkům 3.4 a 3.5: je dost nepochopitelné, proč v zásadě fyzikálně identické osy  $x$  a  $y$  (dvě teploty) ve stejném rozsahu od 0 do 2 mají naprosto odlišné dělení. Barevná mapa byla zvolena naprosto nevhodně tak, že fyzikálně relevantní hodnota 0 je utopena vprostřed červené barvy, takže je naprosto nepostřehnutelná (explicitně nakreslená vrstevnice sice

fakticky pomáhá, ale opticky a psychologicky dost málo). Je také nejasné, proč násobek  $10^{-3}$  nebyl uveden u legendy barevné škály a místo toho je uveden pouze v popisku pod obrázkem. Co je pouhým estetickým nedostatkem v obr. 3.2 se stává problémem ve čtení a interpretaci mnohem komplexnějšího obr. 3.4. Slovní popis na vrchu str. 32 je náročný na sledování a porozumění tím spíše, že některá tvrzení jsou prostě špatně (údajně neukázaná oblast záporného výkonu pro malé  $T_y$  je ve skutečnosti dobře vidět, což mě zprvu svedlo k úplně opačné interpretaci znaménka výkonu). Explicitně ukázaný řez podél podél  $T_x=1$  by výrazně pomohl. Taktéž tvrzení, že obr. 3.5 pro model U ukazuje stejné kvalitativní vlastnosti jako obr. 3.4 pro model A, se mi jeví nepravdivé, neboť tvar nulové vrstevnice v levých sloupcích obou obrázků je zcela odlišný. Nechápu tvrzení na str. 34, že oblast konfigurací s kladnou účinností je pro model U „significantly“ větší než pro model A. Minimálně horní panely obr. 3.6 a 3.7 mi přijdou velmi podobné a žádnou zásadní odlišnost oblastí s kladnou účinností nevidím. Stejně tak poslední věta před sekci 3.4, že vyšší maximální účinnosti pro větší sílu  $|f|$  jsou dosaženy za cenu významného zmenšení oblastí s kladnou účinností mi nedává žádný smysl – v obr. 3.7 není žádná změna pozorovatelná a v obr. 3.6 sice vidět je, ale rozhodně bych ji nenazval zásadní.

Dále doporučuji studentce se detailně seznámit se správným použitím anglického obratu „such a (countable noun in singular, e.g., method)“; evidentně tento obrat nezná a může se jí hodit.

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

Prosil bych o vyjádření se k výše uvedeným připomínkám, zejména pak k bodům 1, 3 a 5. Dále mám dva fyzikálnější motivované dotazy:

1. V horním panelu obr. 3.3 se zdá, že došlo k rigidnímu posunu prostřední (zelené) křivky nahoru příp. dolů podle znaménka aplikované síly, ale (na rozdíl od silné teplotní závislosti zjevné ve spodním panelu) jinak je křivka nezměněna, čili nevykazuje žádnou teplotní závislost. Je tento odhad správný a dal by se příp. nějak rigorózně dokázat (domnívám se, že ano)?
2. Jaká je fyzikální/intuitivní interpretace (příp. charakteristika stochastického procesu) změny znaménka pravděpodobnostního proudu v obr. 3.10 a 3.11 pro dostatečně vysokou hodnotu produkce entropie, jež ho podmiňuje?

### **Práci**

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou.

### **Navrhuji hodnocení stupněm:**

výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/a

Místo, datum a podpis oponenta: v Praze dne 5.2.2020

*Tomáš Zavadil*