

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy v Praze

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor: Filip Klimovič

Název práce: Zkoumání nových definic termodynamické účinnosti

Studijní program a obor: Fyzika, Obecná fyzika

Rok odevzdání: 2015

Jméno a tituly oponenta: RNDr. Artem Ryabov, Ph.D.

Pracoviště: Katedra makromolekulární fyziky MFF UK

Kontaktní e-mail: Artem.Ryabov@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 se zabývá termodynamikou malých systémů, a to zejména energetikou mezoskopických tepelných strojů. Studovaným modelem je externě řízený dvouhladinový systém ponořený do tepelné lázně. Model je použit ke studiu stochastické účinnosti definované v nedávné publikaci v Nat. Commun. (Ref. [5]) a také ke studiu alternativních definic účinnosti. Po krátkém historickém úvodu (Kap. 1) a rekapitulaci dynamiky systému (Kap. 2) je čtenář seznámen s popisem energetiky modelu (Kap. 3). Těžiště práce tvoří Kapitola 4, kde jsou diskutovány fluktuace účinnosti v limitě velkého počtu pracovních cyklů tepelného stroje.

Rád bych vyzdvihнул vynikající grafickou a jazykovou úpravu práce, a to zejména její prvních třech kapitol. Ty je radost číst. Z hlediska formálního jsem v této části našel pouze několik menších překlepů [špatná integrační mez ve jmenovateli v rovnici (2.17); v rovnici (2.20) chybí operátor časového uspořádání]. I z věcného hlediska lze kapitolám 1-3 vytknout jen málo. Snad jen že v posledním odstavci Sekce 3.3, kde se mluví o rovnovážných cyklech, by čtenář měl být upozorněn, že cykly studované v práci nemají rovnovážnou limitu. Také by bylo vhodné čtenáře varovat, že tepla definovaná v Sekci 3.3 jsou chápána jako tepla dodaná do systému během celého procesu a nikoliv jako tepla dodaná pouze během jednoho pracovního cyklu.

Výše uvedená pochvala se bohužel nevztahuje na Kapitulu 4, kterou považuji za klíčovou z vědeckého hlediska. Čtenář je nejprve zaražen nedůsledným používáním formalizmu teorie velkých odchylek (např. vztahy (4.4), (4.5), (4.6), (4.13), (4.21) a (4.25) nesmí být chápány jako rovnosti, ale jako vztahy mezi logaritmickou asymptotikou jak je to popsáno v Ref. [10]). Tato nedůslednost okamžitě implikuje logickou chybu v úvahách. Autor na základě těchto asymptotických vztahů usuzuje, že neexistuje střední hodnota fluktuující účinnosti a také že všechny vyšší momenty této veličiny divergují. Toto tvrzení ale rozhodně neplyne z tvaru tzv. funkce velkých odchylek, jak tvrdí autor, a mělo by být podloženo explicitním výpočtem hustoty pro účinnost nebo počítačovou simulací.

Druhým a z mého hlediska nejpodstatnějším nedostatkem Kapitoly 4 a bakalářské práce jako celku je malý podíl původních výsledků. Autor sice numericky a analyticky ověřil známé výsledky z literatury, avšak výsledkům vlastní tvůrčí výzkumné práce věnoval nesrovnatelně méně prostoru v porovnání s diskuzí výsledků známých. Tento fakt je o to více překvapivý, když uvážíme že studovaný dvouhladinový model je snadno řešitelný jak analyticky, tak numericky, což z něho činí ideální modelový příklad pro explicitní diskuzi všech termodynamických veličin. Navzdory této jednoduchosti studovaného modelu většina vlastních závěrů autora bohužel nemá pevný základ v analytických výpočtech. V práci tak chybí důkladná diskuze nových alternativních definic účinnosti a tepla, což bych osobně považoval za hlavní důvod, proč takovou bakalářskou práci vůbec psát.

Z uvedených důvodů bakalářskou práci hodnotím stupněm *dobře* a v případě úspěšné obhajoby *doporučuji* uznat jako bakalářskou.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

(1) V Sekci 3.3 definujete vztahem (3.20) účinnost jako podíl práce vykonané za cyklus a tepla q_a počítaného jako celkové množství energie dodané do systému z obou rezervoárů (tj. započítáváte pouze přeskoky na vyšší energetickou hladinu). Jak správně poznamenáváte, taková účinnost bude nulová pro kvazistatické cykly. Definujme také celkové teplo odevzdané systémem do obou dvou rezervoárů q_b (tj. do q_b přispívají všechny přeskoky z vyšší na nižší energetickou hladinu a žádné přeskoky opačným směrem; podle Vaši konvence je q_b záporné). Jaké vlastnosti by měla účinnost definovaná jako $(q_a + q_b)/q_a$?

(2) Tato otázka se týká výpočtu funkce velkých odchylek pro teplo q_{in} a účinnost definovanou vztahem (3.19). Na str. 25 tvrdíte, že takový výpočet by byl náročný a proto jste ho neprovedl. Z mého pohledu by takový výpočet obnášel pouhé zopakování již prezentovaného postupu, což by vedlo na hledání většího vlastního čísla matice 2x2. V čem tedy podle Vás spočívá náročnost takového výpočtu?

(3) Funkce velkých odchylek (FVO) jsou obvykle ryze konkávní (nebo konvexní v závislosti na použité konvenci), což ve Vašem případě můžeme vidět na Obr. 4.1, kde jsou znázorněny FVO pro teplo q_h a práci w za cyklus. Výjimky z tohoto pravidla obvykle tvoří systémy, v nichž dochází k nestabilitám a fázovým přechodům. Dokázal byste vysvětlit, proč FVO pro účinnost na Obr. 4.4 a Obr. 4.6 nejsou ryze konkávní?

Práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

V Praze dne 26.8.2015

RNDr. Artem Ryabov, Ph.D.