

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího  posudek oponenta  
 bakalářské práce  diplomové práce

Autor/ka: Stanislav Harašta  
Název práce: Studium nehomogenní kvantové turbulence v protiproudu He II  
Studijní program a obor: Fyzika - Obecná fyzika  
Rok odevzdání: 2023/2024

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: Mgr. Šimon Midlik, PhD.  
Pracoviště: Katedra fyziky nízkých teplot  
Kontaktní e-mail: simon.midlik@matfyz.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/opponenta:**

Študent sa už pred vypracovaním bakalárskej práce podieľal na výskumnej činnosti v laboratóriu supratekutosti na KFNT MFF UK, v rámci študentského projektu, kde preukázal svoju technickú zručnosť a schopnosť počítačového spracovania nameraných dát. V rámci práce v laboratóriu si rýchlo osvojil odborné znalosti nevyhnutné na prípravu a obsluhu kryogénnych experimentov a teoretické základy v obore dynamiky kvantových kvapalín.

Cieľom práce bolo študovať nehomogénnu turbulenciu generovanú v prúde supratekutého hélia-4 (He II). K tomu boli experimentálne realizované dva typy mechanicky budeného oscilačného prúdenia, vedúce na vznik nehomogénneho klbka kvantovaných vírov. Študent sa aktívne podieľal na návrhu, výrobe jednotlivých častí a zostavení experimentálnej aparatury určenej k budeniu stojatého vlnenia druhého zvuku o vysokej amplitúde, kde v kmitniach prúdenia dochádza ku generácii kvantovaných vírov. Za týmto účelom bol vyrobený a neskôr optimalizovaný elektromagnet, umožňujúci operovať vlnovec predstavujúci stlačiteľný objem. V práci je detailne charakterizovaná a diskutovaná odozva budiaceho obvodu s elektromagnetom v širokom rozsahu teplôt, budiacich prúdov a frekvencií. Hlavným výsledkom je potvrdenie schopnosti generovania vlnenia druhého zvuku a hlbšia analýza efektov limitujúcich vznik turbulencie v použitej aparatury, spolu s návrhom budúcich krokov pre ich potlačenie. Zároveň sa práca venuje bližšiemu štúdiu lokálnej detekcie kvantovej turbulencie, pomocou oscilujúcej sondy nanometrických rozmerov NEMS, čo predstavuje nevyhnutný aparát pre výskum nehomogénnej turbulencie. V tomto prípade bola zdrojom turbulentného prúdenia oscilujúca kremenná ladička. Prezentované výsledky ukazujú vysokú citlivosť zmeny amplitúdy NEMS zariadenia, vo forme oscilujúceho NbTi drátku o priemere na úrovni mikrometra, v reakcii na externe budené turbulentné prúdenie vyvolané ladičkou. Záverom je potvrdenie veľkého potenciálu použitej formy detekčnej sondy k lokálnej detekcii kvantovej turbulencie a bližšie štúdium nadkritického správania sondy samotnej, ktoré poukazuje na netriviálnu interakciu s generovanými kvantovanými vírmi.

Obovzdaná práca prináša fyzikálne zaujímavé a originálne výsledky, bohužiaľ ale obsahuje niekoľko formálnych chýb a zaslúžila by si vhodnejšiu grafickú formu prezentácie vybraných výsledkov, na čo podrobne poukazuje aj oponent. Tento fakt je ale z môjho pohľadu vyvážený kvalitou študentovej práce v laboratóriu a pri spracovaní výsledkov a navrhujem teda po zvážení pri obhajobe prácu hodnotiť najvyšším stupňom. Zároveň doporučujem v rámci obhajoby uznať túto prácu ako bakalársku.

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

- 1) V práci je prezentovaný pokus o budenie kvantovej turbulencie vo veľmi špecifickom type prúdenia, tj. mechanicky budené vlnenie druhého zvuku o vysokej amplitúde, ktoré možno chápať aj ako formu oscilačného protiprúdu. Aký je rozdiel oproti špecifikám turbulentného prúdenia v konvenčnom tepelnom protiprúde? S prihliadnutím na diskutované rozdiely, aký typ nasledujúcich experimentov by ste navrhol, v prípade úspešnej generácie kvantovaných vírov v aparátúre.
- 2) V prípade nadkritického budenia detekčnej NEMS sondy sa objavuje v spektre pridaný rezonančný pík, viz. Obr.3.7, ktorý je spájaný s efektom magnusovej sily s pôvodom v pozdĺž zachytenom kvantovanom víre. Na Obr. 3.3 je ale možné vidieť, že nanodrôtik nieje úplne napnutý. Je možné, že bol pozorovaný degenerovaný rezonančný mód v kolmom smere, s pôvodom v nepresnej geometrii budenia? Bola bližšie pozorovaná závislosť pridaného píku na amplitúde rýchlosti prípadne hystórii prechodu do turbulentného režimu?
- 3) Na Obr. 3.8. sú znázornené merané amplitúdové závislosti rýchlosti pohybu NEMS na budiacej sile. Môžete bližšie komentovať hysterézne správanie turbulentného prechodu pozorované výhradne na nižších teplotách?

### **Práci**

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako ~~diplomovou~~/bakalářskou.

### **Navrhuji hodnocení stupněm:**

výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/~~oponenta~~: