



## ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

**Meno a priezvisko študenta:** Bc. Jakub Bahyl  
**Študijný program:** fyzika tuhých látok (Jednoodborové štúdium, magisterský II. st., denná forma)  
**Študijný odbor:** fyzika  
**Typ záverečnej práce:** diplomová  
**Jazyk záverečnej práce:** anglický  
**Sekundárny jazyk:** slovenský

**Názov:** Drag Force Scaling and Quantum Turbulence in Superfluid Helium  
*Škálovanie odporových síl a kvantová turbulencia v supratekutom héliu*

**Anotácia:** Práca pozostáva z dvoch základných častí - experimentálnej a numerickej. Experimenty v supratekutom héliu predstavujú hlavnú náplň práce a budú vykonávané prevažne v oblasti dvojzložkového režimu supratekutého hélia (nad teplotou 1 K), pričom v spracovaní použijeme dodatočné dáta z oblasti balistického režimu (pod teplotou 0,6 K). V práci overíme nedávno navrhnutú univerzálnu škálovaciu funkciu popisujúcu odporové sily v oscilačnom prúde v limite vysokého Stokesova čísla. Zatiaľ čo merania v dvojzložkovom režime môžu byť doplnené o dáta z tlmenia druhého zvuku, ktoré sú štandardným postupom pre meranie množstva kvantových vírov, merania v oblasti mK teplôt budú úplne závislé na skúmaní rezonančných vlastností použitých oscilátorov. V numerickej časti sa budeme zaoberať štúdiom dynamiky izolovaného kvantového víru v tvare krúžku pomocou modelu vírových vlákien - v jeho zjednodušenej forme lokálnej indukcie a zároveň aj v tej zložitejšej s pomocou výpočtu podľa analógie s Biot-Savartovým zákonom. Overíme taktiež aj platnosť numerických algoritmov preskúmaním správania sa voľne pohybujúcich kvantových vírových krúžkov.

**Cieľ:** Náplňou tejto práce je použitie mechanických rezonátorov, napr. v tvare vidličky, drôtikov alebo diskov na účel výskumu pôsobenia supratekutého hélia v jeho dvojzložkovom režime pri teplotách medzi 2,17 K a 1 K. Hlavným zámerom týchto experimentov je štúdium odporových síl, ktoré pôsobia v supratekutom héliu a štúdium podmienok nukleácie a vývoja kvantovej turbulencie. Pri spracovaní výsledkov budú použité doplnkové dáta odmerané v balistickom režime pri teplotách pod 0,6 K. Študent získa skúsenosti s komplexnými aparátúrami využívajúce sa v kryogénnych experimentoch a rozšíri si vedomosti v oblasti kvantových kvapalín a supratekutých efektov. Celková práca bude doplnená o vývoj a validáciu numerických nástrojov pre simuláciu dynamiky kvantových vírov v supratekutom héliu.

**Literatúra:** [1] L.D. Landau, E.M. Lifshitz, Fluid Mechanics, Pergamon Books, 1987  
[2] L. Skrbek a kol., Fyzika nízkých teplot, Matfyzpress, 2011  
[3] D.R. Tilley, J. Tilley, Superfluidity and Superconductivity, Adam Hilger, 1986  
[4] R.J. Donnelly: Quantized vortices in helium II, Cambridge University Press, 2005



Univerzita Komenského v Bratislave  
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

---

[5] C.F. Barenghi, R.J. Donnelly, W.F. Vinen, Quantized Vortex Dynamics and Superfluid Turbulence, Springer Science & Business Media, 2001.

[6] R. Hanninen, A.W. Baggaley, Vortex filament method as a tool for computational visualization of quantum turbulence, PNAS 111, suppl. 1., 4667 (2014)

[7] L. Thompson, Equation of Motion of a Quantum Vortex, Doctoral Thesis, University of British Columbia, 2010.

[8] D. Schmoranzer, M.J. Jackson, V. Tsepelin, M. Poole, A.J. Woods, M. Človečko, L. Skrbek, Multiple critical velocities in oscillatory flow of superfluid  $^4\text{He}$  due to quartz tuning forks, Phys. Rev. B. 94, 214503 (2016).

**Vedúci:** RNDr. David Schmoranzer, Ph.D.  
**Konzultant:** Mgr. Emil Varga  
**Katedra:** FMFI.KEF - Katedra experimentálnej fyziky  
**Vedúci katedry:** prof. Dr. Štefan Matejčík, DrSc.  
**Dátum zadania:** 15.12.2016

**Dátum schválenia:** 15.12.2016

prof. RNDr. Peter Kúš, DrSc.  
garant študijného programu

.....  
študent

.....  
vedúci práce