Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U001770

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 18-05-2026

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Геращенко Надія Олексіївна

2. Nadiia Herashchenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 105

Назва наукової спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту: 23-06-2026

Спеціальність за освітою: Прикладна фізика та наноматеріали

Місце роботи здобувача: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 9842

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.17, 29.17.21

Тема дисертації:

1. Вплив гідродинамічних мод на коливання тіл у надплинних розчинах ^{3}He – ^{4}He

2. Influence of Hydrodynamic Modes on the Oscillations of Bodies in Superfluid ^{3}He – ^{4}He Solutions

Реферат/анотація:

1. Дослідження квантових середовищ через спостереження за коливаннями тіл, занурених у гелій, завжди було потужним інструментом для виявлення унікальних властивостей цих речовин. За останні роки особливо великої популярності набули кварцові камертони як універсальні зонди для дослідження рідкого гелію при низьких температурах. Кварцові камертони мають високу надійність, що дозволяє проводити довготривалі експерименти без ризику поломки або потреби в частих калібруваннях. Щоб максимально використати переваги кварцових камертонів у вивченні фундаментальних властивостей надплинних розчинів ізотопів гелію, необхідно детально дослідити їх резонансні характеристики в рідкому гелії як теоретично, так і експериментально. Основна мета цієї роботи – дослідити фізичні механізми, що визначають взаємодію гідродинамічних мод (першого та другого звуків, в'язкої, дифузійної та теплової хвиль) із тілами, що коливаються в рідкому гелії. Зокрема, розглядаються процеси випромінювання й поглинання енергії в надплинних розчинах, вивчаються звукові резонанси в критичному гелії, а також аналізуються резонансні особливості першого і другого звуків у надплинному гелії та розчинах його ізотопів. Особлива

увага в дисертації приділяється дослідженню надплинних розчинів ізотопів гелію та розробці теорії повної системи гідродинамічних мод цих розчинів. Актуальність цих завдань зумовлена значною кількістю нових експериментальних результатів, отриманих при зануренні осцилюючого кварцового камертона в надплинні розчини ^{3}He–^{4}He з різними концентраціями ^{3}He — від малих до 15%. Результати експериментальних досліджень показали, що другий звук в твердих тілах і рідинах більше не можна вважати рідкісним або суто академічним явищем. Зокрема, фононна гідродинаміка може вплинути на продуктивність графену та графіту як теплопровідних матеріалів у мікроелектроніці, що відкриває нові можливості для ефективного управління тепловими потоками в нанорозмірних системах. У дисертації аналізується принципова можливість використання другого звуку для ефективного тепловідведення, а також перспективи його застосування в охолодженні обчислювальних пристроїв. Для теоретичного опису спостережуваних явищ у чистому гелії та надплинних розчинах у широкому діапазоні температур і концентрацій було вирішено задачу релаксації на основі повної системи гідродинамічних рівнянь для розчинів 3He – 4He. За допомогою перетворення Фур'є, формалізму неермітових матриць та функцій Гріна було отримано розв'язок цієї системи для миттєвого точкового джерела тепла або початкового збурення концентрації. Розв'язок виражено через функції Гріна, які описують два основних механізми релаксації: дисипативний (за рахунок теплопровідності, дифузії та термодифузії) та хвильовий (зумовлений поширенням другого звуку). Було проведено дослідження коливань густини, температури, концентрації та тиску з метою визначення умов, за яких коливання твердої стінки збуджують перший і другий звук, а також дисипативну дифузійну хвилю в надплинному гелії та акустичні хвилі в надкритичному гелії. Було виконано обчислення внесків цих процесів у формування резонансів під час коливань закритих камертонів. У результаті цих досліджень було створено модель, яка описує фізичні властивості резонансних явищ, що спостерігалися експериментально. Для проведення порівняння з експериментальними даними в рамках газокінетичної моделі, яка описує суміш слабковзаємодіючого газу квазічастинок — фононів та домішок, й виходить з системи кінетичних рівнянь для цих частинок, було досліджено дисипативні властивості як рідких, так і твердих розчинів ^{3}He–^{4}He. Розглядалися такі явища, як масова та спінова дифузія, самодифузія і теплопровідність, у широкому діапазоні температур та концентрацій. У результаті розрахунків було отримано явні вирази для коефіцієнтів спінової та масової дифузії, а також коефіцієнта теплопровідності. Для перевірки побудованої моделі проведено порівняння з експериментальними даними, зокрема аналіз залежностей, що спостерігалися в експериментах зі спінової релаксації, та фазового розділення розчинів. Були проведені теоретичні дослідження механізмів дисипації енергії, що проявляються в експериментах із кварцовими камертоном, який коливається в надплинних розчинах ^{3}He–^{4}He з високою концентрацією домішок ^{3}He. Зокрема, досліджено можливість і ефективність випромінювання камертоном не лише хвилі другого звуку, але й дифузійної дисипативної хвилі, що є специфічною для розчинів ізотопів гелію. В ході аналізу були знайдені зв'язки між амплітудами коливань температури та концентрації в цих хвилях, а також визначено їхні відносні інтенсивності.

2. The study of quantum media through observation of oscillating bodies immersed in helium has always been a powerful tool for revealing unique properties of these substances. In recent years, quartz tuning forks have gained particular popularity as universal probes for studying liquid helium at low temperatures. Quartz tuning forks are highly reliable, allowing for long–term experiments without the risk of failure or the need for frequent calibration. To fully utilize the advantages of quartz tuning forks in studying the fundamental properties of superfluid helium isotope solutions, it is necessary to thoroughly investigate their resonance characteristics in liquid helium both theoretically and experimentally. The main goal of this work is to investigate the physical mechanisms determining the interaction of hydrodynamic modes (first and second sounds, viscous, diffusion, and thermal waves) with bodies oscillating in liquid helium. In particular, the processes of energy emission and absorption in superfluid solutions are considered; sound resonances in critical helium are studied, and resonance features of first and second sounds in superfluid helium and its isotope solutions are analyzed. Special attention in the dissertation is paid to the study of superfluid helium isotope solutions and the development of a theory of the full system of hydrodynamic modes of these solutions. The relevance of these tasks is driven by a significant number of new experimental results obtained by immersing an oscillating quartz tuning fork in superfluid ^{3}He–^{4}He solutions with

various ^{3}He concentrations — from small amounts up to 15%. Experimental results have shown that second sound in solids and liquids can no longer be considered a rare or purely academic phenomenon. In particular, phonon hydrodynamics may affect the performance of graphene and graphite as heat–conducting materials in microelectronics, opening new possibilities for efficient thermal flow management in nanoscale systems. The dissertation analyzes the fundamental possibility of using second sound for efficient heat removal and its prospects for cooling computing devices. For the theoretical description of observed phenomena in pure helium and superfluid solutions over a wide temperature and concentration range, the relaxation problem was solved based on the full system of hydrodynamic equations for ^{3}He–^{4}He solutions. Using Fourier transform, non–Hermitian matrix formalism, and Green's functions, the solution of this system was obtained for an instantaneous point heat source or an initial concentration disturbance. The solution is expressed through Green's functions describing two main relaxation mechanisms: dissipative (due to thermal conductivity, diffusion, and thermodiffusion) and wave–like (due to second sound propagation Oscillations of density, temperature, concentration, and pressure were studied to determine the conditions under which solid wall oscillations excite first and second sounds, as well as the dissipative diffusion wave in superfluid helium and acoustic waves in supercritical helium. Calculations of contributions of these processes to resonance formation during oscillations of closed tuning forks were performed. As a result of these studies, a model describing the physical properties of resonance phenomena observed experimentally was created. To compare with experimental data within the framework of a gas–kinetic model describing a weakly interacting gas mixture of quasiparticles — phonons and impurities — and based on a system of kinetic equations for these particles, the dissipative properties of both liquid and solid ^{3}He–^{4}He solutions were studied. The phenomena of mass and spin diffusion, self–diffusion, and thermal conductivity were considered over a wide range of temperatures and concentrations. As a result of the calculations, explicit expressions were obtained for the coefficients of spin and mass diffusion, as well as for the thermal conductivity coefficient. To verify the constructed model, comparisons were made with experimental data, particularly analyzing the dependencies observed in experiments on spin relaxation and phase separation of solutions. Theoretical studies were conducted on the mechanisms of energy dissipation manifesting in experiments with quartz tuning forks oscillating in superfluid ^{3}He–^{4}He solutions with high concentrations of ^{3}He impurities. Specifically, the possibility and efficiency of tuning fork radiation not only of the second sound wave but also of the diffusive dissipative wave, which is characteristic of helium isotope solutions, were studied. During the analysis, relationships between the amplitudes of temperature and concentration oscillations in these waves were found, as well as their relative intensities.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- Herashchenko N., Amrit J., Nemchenko K., Rogova S., Vikhtinskaya T. Two–mode dissipation of oscillating tuning fork in 3He – 4He superfluid mixtures. Low Temp. Phys. 2025. Vol. 51. Iss. 1. P. 5. https://doi.org/10.1063/10.0034553
- Herashchenko N., Nemchenko K., Rogova S., Vikhtinskaya T. Collective mode resonances in superfluid 3He – 4He mixtures. Low Temp. Phys. 2023; Vol. 49. Iss. 2. P. 171. https://doi.org/10.1063/10.0016841

- Herashchenko N. O., Nemchenko E. K., Nemchenko K. E., Vikhtinskaya T. G. Kinetic properties of solid 3He – 4He mixtures in the model of freely moving impuritons. Low Temp. Phys. 2022; Vol. 48. Iss. 8. P. 583. https://doi.org/10.1063/10.0012645
- Herashchenko N. O., Vikhtinskaya T. G., Nemchenko K. E.. Second sound resonances in superfluid 3He – 4He mixtures. Low Temp. Phys., 2022; Vol. 48. Iss. 2. P 117. https://doi.org/10.1063/10.0009290
- Herashchenko N.O., Nemchenko K.E., Vikhtinskaya T.G., Rogova S.Yu. Sound resonances in supercritical and superfluid helium. Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна, серія «Фізика», вип. 34, 2021. с. 33 – 35 https://doi.org/10.26565/2222–5617–2021–34–05

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0122U001482, 0126U001142

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Нємченко Костянтин Едуардович
2. Kostiantyn Niemchenko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0734-942X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Соколов Святослав Сергійович
2. Sviatoslav Sokolov

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.09

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5527-0313

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Фізико-технічний інститут низьких температур імені Б. І. Вєркіна Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 03534601

Місцезнаходження: проспект Науки, Харків, Харківський р-н., 61103, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сєрікова Олена Миколаївна
2. Olena Serikova

Кваліфікація: д. т. н., доц., 21.06.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0354-9720

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний науковий центр "Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса" Міністерства юстиції України

Код за ЄДРПОУ: 02883133

Місцезнаходження: вул. Золочівська, Харків, Харківський р-н., 61177, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство юстиції України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сметанкіна Наталя Володимирівна
2. Natalia Smetankina

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.02.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9528-3741

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 03534570

Місцезнаходження: вул. Комунальників, Харків, Харківський р-н., 61046, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Аксьонова Наталія Анатоліївна

2. Nataliya Aksonova

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.09

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8194-836X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Гриб Олександр Миколайович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Гриб Олександр Миколайович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Шевченко Андрій Олександрович
Реєстратор	Юрченко Тетяна Анатоліївна
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна