

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Харківського національного університету
імені В. Н. Каразіна
Олександрю ГРИБУ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, кандидата фізико-математичних наук, доцента кафедри теоретичної фізики імені академіка І. М. Ліфшиця фізичного факультету Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна Аксьонової Наталії Анатоліївни на дисертаційну роботу Геращенко Надії Олексіївни «Вплив гідродинамічних мод на коливання тіл у надплинних розчинах $^3\text{He} - ^4\text{He}$ » подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали

1. Обґрунтування вибору теми дослідження.

В дисертаційному дослідженні Н.О. Геращенко значну увагу приділено вивченню надплинних розчинів ізотопів гелію та побудові теорії повної системи гідродинамічних мод цих розчинів. Для дослідження фізичних властивостей таких рідин розглядається поведінка кварцових камертонів за різних експериментальних умов, що дає змогу виявити особливості взаємодії коливань ніжок камертона із гідродинамічними модами надплинних розчинів.

Повноцінне використання потенціалу кварцових камертонів як зондів у дослідженнях надплинних систем вимагає глибокого розуміння резонансної поведінки в рідкому гелії. Це передбачає як проведення експериментальних досліджень, так і побудову відповідних теоретичних моделей, що враховують акустичні, гідродинамічні та дисипативні ефекти. Виникнення непередбачуваних резонансів, складна акустична картина та дисипативні явища суттєво ускладнюють інтерпретацію експериментальних результатів.

Через особливості фізичних характеристик та геометричну форму самих камертонів існує потреба у детальному теоретичному описі таких систем.

Саме сукупність цих чинників і визначає актуальність і необхідність проведення систематичного теоретичного дослідження, представленого в даній дисертації.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.

Текст дисертаційної роботи представляє собою самостійне та цілісне наукове дослідження. Робота містить вступ, 5 розділів з підрозділами, висновки до кожного розділу та загальні висновки, список використаної літератури з 135 джерел. Додаток містить список публікацій здобувачки за темою дисертації. Загальний обсяг роботи складає 145 сторінок, з яких текст основної частини становить 104 сторінки, 13 рисунків.

У **вступі** вдало обґрунтовано вибір теми дослідження, визначено мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, описано методи дослідження, представлено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У **першому розділі** показано ступінь вивченості теми дослідження. Наведено огляд існуючих підходів у вивченні властивостей надплинних рідин, встановлено переваги та недоліки методів, що використовуються під час експериментальних та теоретичних досліджень. Показано тип задач, що досі не отримали повного теоретичного пояснення, систематизовано наявні знання разом із виявленими суперечностями й нез'ясованими аспектами у фізиці кварцових камертонів у надплинних середовищах, що підтвердило доцільність запропонованих напрямків досліджень.

В **другому розділі** теоретично описано резонанси звуку, що виникають під час коливань кварцових камертонів у рідкому та надкритичному гелії з використанням побудованої математичної моделі системи.

В **третьому розділі** проаналізовано коливання температури і тиску для моделі камертон – гелій, та визначено параметри, що впливають на появу

другого звуку під час коливань та отримано внесок цих процесі у формування резонансів.

В **четвертому розділі** отримано явні аналітичні вирази для коефіцієнтів теплопровідності, самодифузії та масової дифузії домішок у трикомпонентному газі квазічастинок. Визначено параметри квазічастинок шляхом порівняння з експериментальними даними.

В **п'ятому розділі** продовжено дослідження коливань кварцових камертонів в надплинних рідинах та показано умови, за яких внесок дисипативної моди в процес релаксації теплового збурення є суттєвим та може призводити до зменшення резонансів другого звуку.

Загальні **висновки** дисертаційного дослідження підкреслюють наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів.

Дисертація є завершеною науковою працею. Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. № 44 (редакція від 01.01.2024 р.), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій».

3. Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Дисертаційна робота Н.О. Геращенко відповідає науковому напрямку кафедри комп'ютерної фізики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна та була складовою частиною держбюджетного наукового проекту Міністерства освіти і науки України № державної реєстрації роботи: 0122U001482 – «Взаємодія квазічастинок з поверхнями наноструктур довільної ступені шорсткості». Також робота була частково підтримана за

рахунок програми «Гранти на дистанційні дослідження для українських дослідників», проекту EURIZON, за грантовою угодою ЄС № 871072.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Дисертаційна робота Геращенко Н.О. має чітку структур дослідження, послідовність та аргументованість положень дисертації. Текст дисертації вдало доповнюється формулами та рисунками. Висновки логічно виходять із викладеного матеріалу та відповідають поставленій меті та задачам дослідження. Достовірність та обґрунтованість наукових результатів зокрема забезпечується достатнім рівнем апробації та високим рівнем наукових видань, в яких опубліковано результати дисертаційного дослідження.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.

Серед наукових результатів, отриманих під час дисертаційного дослідження можна виділити наступні:

Вперше пояснено експериментально спостережуване збудження стоячих хвиль коливань тиску камертоном, а також детально розглянуто появу та властивості резонансів залежно від температури й тиску гелію. Побудовано теоретичну модель, яка описує фізичні механізми резонансних явищ, що спостерігалися експериментально. Отримано явні вирази для амплітуд концентраційних та температурних збуджень, викликаних коливаннями твердої стінки в гелії. Отримано явні вирази для коефіцієнтів дифузії, теплопровідності та термодифузії для рідких і твердих розчинів ізотопів гелію. Знайдено дисперсійні співвідношення для першого та другого звуків, а також дисипативних теплових хвиль для надплинних розчинів ^3He – ^4He .

Основні наукові результати пройшли апробацію під час 8 наукових конференцій, були представлені у вигляді 4 статей у наукових журналах, що індексуються наукометричною базою Scopus і 1 статті у науковому фаховому виданні України.

6. Дотримання академічної доброчесності

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com), встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

7. Практичне значення результатів дисертації.

Результати дисертаційного дослідження, а саме теоретичний матеріал та методики можуть бути впроваджені у навчальний процес в дисциплінах пов'язаних з вивченням як математичних дисциплін, пов'язаних з розв'язанням рівнянь математичної фізики, так й фізичних дисциплін, таких як гідродинаміка, фізика конденсованих середовищ та фізична кінетика, Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна а також у якості основи для подальших теоретичних і експериментальних досліджень фізики низьких температур.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

1. У висновках розділу 2 зазначено, що результати «якісно збігаються» з експериментом, тоді як у підрозділі 2.3 стверджується, що збіг є «якісним і кількісним». Просимо уточнити, яка з цих характеристик є точнішою.
2. Твердження про можливість використання другого звуку для тепловідведення в обчислювальних пристроях потребує уточнення: чи йдеться виключно про криогенні надпровідникові системи, оскільки другий звук у гелії існує лише при температурах нижче 2,17 К?

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи і обґрунтованість наведених здобувачем висновків.

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.

Дисертація Геращенко Надії Олексіївни «Вплив гідродинамічних мод на коливання тіл у надплинних розчинах $^3\text{He} - ^4\text{He}$ » є завершеною науково-дослідною яка має наукову новизну та практичну значущість. Стиль викладу матеріалу логічний, виважений та зрозумілий. Зміст повністю відображає основні наукові положення дисертації та відповідає спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали галузі знань 10 Природничі науки і вимогам передбаченими наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44).

Вважаю, що Геращенко Надія Олексіївна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали з галузі знань 10 Природничі науки.

Офіційний рецензент:

кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри теоретичної фізики
імені академіка І. М. Ліфшиця фізичного
факультету Харківського національного
університету ім. В. Н. Каразіна

Наталія АКСЬОНОВА

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 12:00:58 02.06.2026

Назва файлу з підписом: РЕЦЕНЗІЯ_Аксьонова НА.pdf
Розмір файлу з підписом: 144.3 КБ

Назва файлу без підпису: РЕЦЕНЗІЯ_Аксьонова НА.verified.pdf
Розмір файлу без підпису: 140.1 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: АКСЬОНОВА НАТАЛІЯ АНАТОЛІЇВНА

П.І.Б.: АКСЬОНОВА НАТАЛІЯ АНАТОЛІЇВНА

Країна: Україна

РНОКПП: 2617500909

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 20:53:56
01.06.2026

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F0400000024712702AB9BA207

Тип носія особистого ключа: ЗНКІ криптомодуль ІІТ Гряда-301

Серійний номер носія особистого ключа: 021

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Кваліфікований

Тип контейнера: Підпис та дані в одному файлі (CADES enveloped)

Формат підпису: З позначкою часу від ЕП (CADES-T)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2026.05.20 13:00

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
Олександру ГРИБУ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора фізико – математичних наук, професора, завідувача відділу фізики квантових рідин і кристалів Фізико – технічного інституту низьких температур ім. Б. І. Веркіна НАН України Соколова Святослава Сергійовича на дисертаційну роботу Геращенко Надії Олексіївни «Вплив гідродинамічних мод на колювання тіл у надплинних розчинах ^3He – ^4He » подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали

1. Обґрунтування вибору теми дослідження

Змістом та основною метою дисертаційної роботи Н.О. Геращенко є розробка теорії колективних гідродинамічних мод на базі формулюванні повної системи рівнянь для опису таких мод стосовно надплинних розчинів ізотопів гелію. Дослідження мають на увазі метод колюного кварцового камертону, який в останні роки набув широкої популярності та перетворився майже у головний метод експериментального вивчення властивостей надплинного ^4He та сумішей ^3He – ^4He . Використання кварцових камертонів суттєво спрощує експериментальну апаратуру, зменшуючи технічну складність вимірювань. Проте для використання всього потенціалу цього методу необхідно детально дослідити резонансні характеристики кварцових камертонів як експериментально, так і теоретично. Зрозуміло, що такі характеристики нерозривно пов'язані з хвильовими явищами в експериментальній комірці, що заповнена гелієм і які, у свою чергу, збуджені колюваннями твердого тіла – камертона, який занурений в рідину.

Серед притаманних надплинним сумішам ^3He – ^4He хвильовим явищам особливе місце займає другий звук, характерна для надплинного гелію форма поширення теплових хвиль, яка помітно відрізняється за своїми характеристиками від другого звуку в чистому надплинному ^4He . Дослідження виникнення та поширення другого звуку у сумішах ^3He – ^4He дозволить поглибити розуміння поведінки квантових рідин за низьких температур, що в свою чергу сприятливо впливає на розвиток методів вимірювання термодинамічних властивостей таких сумішей.

Також у дисертації розглядаються перспективи застосування другого звуку в охолодженні обчислювальних пристроїв та можливість використання для ефективного тепловідведення.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.

Дисертація представляє собою самостійне, завершене та цілісне наукове дослідження. Текст роботи добре структурований та відрізняється високим рівнем методологічної культури та науковим стилем мовлення. Робота складається з 5 розділів, кожен з яких має підрозділи, містить загальні вступ й висновки, а також висновки до кожного підрозділу. Висновки дисертаційної роботи в цілому підкреслюють наукову новизну проведених досліджень та логічно виходять із викладеного матеріалу, достатньо повно його відображають, дають відповідь на поставлені в роботі мету та завдання дослідження.

Список використаної літератури з 135 джерел є репрезентативним, додаток містить список публікацій здобувачки за темою дисертації. Матеріал дисертації викладено послідовно та структуровано, що забезпечує його чітке і зрозуміле сприйняття. Робота виконана з дотриманням вимог наукового стилю, а її композиційна побудова узгоджується з логікою та етапністю проведеного авторкою дослідження.

Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та

скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. № 44 (редакція від 01.01.2024 р.), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій».

3. Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами

Дисертаційна робота Н.О. Геращенко виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри комп'ютерної фізики в Харківському національному університеті імені В. Н. Каразіна та була складовою частиною держбюджетного наукового проекту Міністерства освіти і науки України (№ державної реєстрації роботи: 0122U001482 – «Взаємодія квазічастинок з поверхнями наноструктур довільної ступені шорсткості»). Також робота була частково підтримана за рахунок програми «Гранти на дистанційні дослідження для українських дослідників», проекту EURIZON, за грантовою угодою ЄС № 871072.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Сформульовані в роботі Н.О. Геращенко положення та висновки характеризуються належним рівнем обґрунтованості та достовірності. Ретельний аналіз тексту дисертації дає підстави констатувати, що авторка застосовує системний та послідовний підхід до дослідження обраної проблематики. Структура роботи є логічно вибудованою та забезпечує повне розкриття поставлених дослідницьких завдань і досягнення визначеної мети.

Обґрунтованість наукових результатів, одержаних Н.О. Геращенко, при проведенні досліджень за темою дисертаційної роботи, зумовлюється використанням фундаментальних гідродинамічних рівнянь з впровадженням

строгого математичного формалізму та перевірених методологічних підходів, заснованих на використанні методів перетворень Фур'є. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані в індексованих наукових журналах та доповідалися на міжнародних наукових конференціях. Висновки дисертаційної роботи є обґрунтованими та логічно отриманими із наведених розрахунків.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна

У результаті проведених досліджень сформульовано низку нових наукових положень і висновків. Конкретні наукові результати, що розкривають особистий внесок автора у розроблення досліджуваної проблеми і характеризують наукову новизну роботи полягають у наступному:

- пояснено експериментально спостережуване збудження стоячих хвиль коливань тиску камертоном, а також детально розглянуто появу та властивості резонансів коливань залежно від температури й тиску гелію;
- побудовано теоретичну модель, яка описує фізичні механізми резонансних явищ, які спостерігалися експериментально;
- отримано явні вирази для коефіцієнтів дифузії, теплопровідності та термодифузії для рідких і твердих розчинів ізотопів гелію;
- доведено, що врахування дисипативної дифузійної теплової хвилі дозволяє пояснити зникнення резонансів другого звуку, які спостерігалися в експерименті;
- продемонстровано, що знайдений у дисертації механізм одночасного поширення енергії в дисипативній хвилі та у звуковій хвилі другого звуку може бути використаний для створення нових ефективних методів тепловідведення в наноструктурах.
-

6. Дотримання академічної доброчесності

На підставі вивчення тексту дисертації здобувачки, наукових праць здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com), встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

7. Практичне значення результатів дисертації

Результати дослідження можуть бути використані як для поглиблення фундаментальних знань про квантові рідини, так і для розвитку високоточних технологій у галузях квантової метрології, кріоінженерії та надпровідникової електроніки. Теоретичний матеріал та методики цього дисертаційного дослідження можуть бути використані в теоретичних і експериментальних роботах Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації

1. У підрозділі 2.2 при побудові одновимірної моделі знехтовано ентропійними та концентраційними збуреннями. Але здається, що це суперечить меті дослідження, враховуючи, що саме ці збурення є ключовими для пояснення зникнення резонансів другого звуку в розділах 3 і 5. Хотілося б отримати пояснення щодо цього.
2. Незрозуміло, яким чином у розділі 4 визначено параметри квазічастинок, зокрема ширину домішкової зони, і які експериментальні дані були використані для їх верифікації.

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи і обґрунтованість наведених здобувачем висновків.

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи

Зміст дисертації засвідчує, що дисертація Н.О. Геращенко є самостійною завершеною науковою роботою. Висловлені авторкою гіпотези, висновки, узагальнення підтверджуються отриманими результатами дослідження.

Тема і зміст дисертації відповідають спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали галузі знань 10 Природничі науки та вимогам передбаченими наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44).

Вищезазначене дозволяє зробити висновок, що за своїм фаховим спрямуванням, науковою новизною і практичною значимістю дисертаційна робота Геращенко Надії Олексіївни «Вплив гідродинамічних мод на коливання тіл у надплинних розчинах $^3\text{He} - ^4\text{He}$ » є завершеною самостійно виконаною науковою працею, а її авторка заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали з галузі знань 10 Природничі науки.

Офіційний опонент

доктор фізико – математичних наук, професор,
завідувач відділу фізики квантових рідин і
кристалів Фізико – технічного інституту низьких
температур ім. Б. І. Веркіна НАН України

Святослав СОКОЛОВ

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 11:17:48 02.06.2026

Назва файлу з підписом: vidguk sokolov.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 559.9 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: vidguk sokolov.pdf
Розмір файлу без підпису: 573.7 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: СОКОЛОВ СВЯТОСЛАВ СЕРГІЙОВИЧ
П.І.Б.: СОКОЛОВ СВЯТОСЛАВ СЕРГІЙОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 1960100697
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 11:17:47
02.06.2026
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000009B2725025D0F9A07
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2026.04.06 13:00

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
Олександрю ГРИБУ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, доцента, Серікової Олени Миколаївни на дисертаційну роботу Геращенко Надії Олексіївни «Вплив гідродинамічних мод на коливання тіл у надплинних розчинах $^3\text{He} - ^4\text{He}$ » подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

1. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Кварцові камертони за останні роки стали одним із найпопулярніших методів дослідження фундаментальних властивостей квантових середовищ, зокрема надплинних розчинів ізотопів гелію. Висока надійність, нечутливість до магнітного поля та простота схем вимірювання стали тими перевагами, що дозволили використовувати камертони у якості резонаторів для дослідження рідин, на противагу традиційним вібруючим дротам. Утім, фізичні особливості та геометрія камертонів зумовлюють необхідність урахування додаткових ефектів, що виникають у процесі вимірювань. Це, своєю чергою, підкреслює важливість вивчення резонансних характеристик камертонів як в експериментальному, так і в теоретичному аспектах. Значна кількість нових експериментальних результатів, отриманих в дослідженнях властивостей надплинних розчинів ізотопів гелію, обумовлює потребу в теоретичному обґрунтуванні фізичних механізмів, що визначають випромінювання та поглинання енергії, поширення звукових резонансів та взаємодію гідродинамічних мод із тілами, що коливаються в рідкому гелії.

Поряд із поясненням експериментальних даних, прогнозування поведінки систем з квантовими рідинами за наявності неоднорідностей та

зовнішніх збурень потребує розробки математичних моделей взаємодії тіл із надплинним середовищем, що й зумовлює актуальність даної роботи. Це додатково підтверджується необхідністю поглиблення знань про квантові рідини, які можуть знайти застосування у галузях кріоінженерії та надпровідникової електроніки.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі комп'ютерної фізики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна та складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел із 135 найменувань та додатку.

У вступі наведено обґрунтування вибору теми дослідження, визначено актуальність, мету і завдання, об'єкт та предмет, методологію дослідження. Розкрито наукову новизну і практичне значення отриманих результатів дисертації, зазначено особистий внесок здобувача при виконанні дисертаційного дослідження, наведено перелік наукових публікацій здобувача за темою дисертації та дані про апробацію матеріалів дисертації, встановлено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Перший розділ охоплює огляд наявних методів дослідження фізичних властивостей рідин. Розглянуто результати існуючих експериментальних та теоретичних досліджень відносно дисипативних процесів в надплинному гелії, зокрема ті, в яких використовується кварцовий камертон у якості високочутливого вимірювального приладу.

Другий розділ містить теоретичне дослідження дисипації енергії камертона, що коливається в надкритичному та надплинному гелії, для чого було побудовано спрощену одновимірну модель посудини заповненої гелієм, що імітує коливальний рух камертона в рідині.

В третьому розділі представлено теоретичне дослідження резонансного збудження першого та другого звуків у надплинних сумішах ізотопів гелію з

урахуванням зміни температури та тиску. Теоретично описано появу резонансів другого звуку, що спостерігались в експериментах.

В четвертому розділі представлено узагальнену газокінетичну модель рідких і твердих розчинів ізотопів гелію у контексті суміші газів квазічастинок. З використанням цієї моделі отримано вирази для коефіцієнтів теплопровідності, масової дифузії домішок та самодифузії.

П'ятий розділ містить теоретичне дослідження дворежимного затухання коливань камертона в надплинних розчинах ізотопів гелію. Розв'язано дві задачі з граничними умовами для визначення ефективності випромінювання першого та другого звуку, дифузійної хвилі. Описано механізми перенесення тепла другим звуком з використанням функцій Гріна у випадку з дисипативним та конвективним теплообміном. Представлено відповідний графік просторового розповсюдження початкових теплових збурень в надплинних розчинах гелію в дифузійній хвилі та хвилі другого звуку.

Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. № 44 (редакція від 01.01.2024 р.), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій».

3. Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Дисертаційна робота Н.О. Геращенко виконана у Харківському національному університеті імені В. Н. Каразіна та була складовою частиною держбюджетного наукового проекту Міністерства освіти і науки України № державної реєстрації роботи: 0122U001482 – «Взаємодія квазічастинок з поверхнями наноструктур довільної ступені шорсткості». Також робота була частково підтримана за рахунок програми «Гранти на дистанційні

дослідження для українських дослідників», проекту EURIZON, за грантовою угодою ЄС № 871072.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Обґрунтованість наукових результатів, одержаних Н.О. Геращенко, при проведенні досліджень за темою дисертаційної роботи, зумовлюється використанням фундаментальних підходів гідродинаміки за допомогою методів перетворень Фур'є. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані в індексованих наукових журналах та доповідалися на міжнародних наукових конференціях. Висновки дисертаційної роботи є обґрунтованими та логічно отриманими із наведених розрахунків.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.

Вперше розв'язано задачу про одночасне збудження першого та другого звуків у надплинному гелії внаслідок коливання кварцового камеротна, а також пояснено експериментально спостережувані залежності властивостей резонансів від температури та тиску гелію.

Вперше отримано явні вирази для коефіцієнтів дифузії, теплопровідності та термодифузії для рідких і твердих розчинів ізотопів гелію, зокрема визначено коефіцієнт самодифузії домішок у твердих розчинах ^3He – ^4He .

Вперше шляхом розв'язання повної системи гідродинамічних рівнянь для надплинних розчинів ^3He – ^4He знайдено дисперсійні співвідношення для першого та другого звуків і дисипативних теплових хвиль, а також визначено взаємозв'язки між амплітудами всіх гідродинамічних параметрів у цих модах.

Вперше доведено, що врахування дисипативної дифузійної теплової хвилі дозволяє пояснити зникнення резонансів другого звуку, спостережуване в експерименті.

Результати дисертаційної роботи представлено в 5 наукових працях, серед яких 4 наукові статті опубліковано у виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus, та представлено на 8 міжнародних конференціях.

6. Дотримання академічної доброчесності

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com), встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності

7. Практичне значення результатів дисертації.

Дослідження коливальних режимів тіл у надплинних розчинах гелію мають як фундаментальне, так і прикладне значення. Теоретичний матеріал та методики цього дисертаційного дослідження були впроваджені у навчальний процес в дисциплінах пов'язаних з вивченням як математичних дисциплін, пов'язаних з розв'язанням рівнянь математичної фізики, так й фізичних дисциплін, таких як гідродинаміка, фізика конденсованих середовищ та фізична кінетика, зокрема на кафедрі комп'ютерної фізики навчально-наукового інституту екології, зеленої енергетики та сталого розвитку Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

1. Предмет дослідження – це тема дослідження, тобто предмет дослідження - вплив гідродинамічних мод на коливання тіл у надплинних розчинах ${}^3\text{He}$ – ${}^4\text{He}$

2. 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. Доцільно в меті вказати за допомогою чого планується її досягнення.

3. В роботі представлено 7 пунктів «Вперше» наукової новизни – це забагато для рівня доктора філософії. Коректніше було б 3 положення наукової новизни почати з «Набули подальшого розвитку» та «Удосконалено».

4. Список використаних джерел включає посилання на застарілі джерела, наприклад 1938р, 1951р., 1957р.

5. В роботі поставлено 8 Задач, а висновків представлено 7. Має співпадати кількість завдань дослідження та висновків. Коректніше використовувати «Завдання дослідження», а не «задачі дослідження».

6. В анотації дисертації англійською мовою використовується формулювання «Relationships between the amplitudes» – коректніше використовувати всюди за текстом correlation. Correlation – взаємозв'язок, відношення між параметрами, амплітудами та інш.

7. Яка фізична причина виникнення другого звуку від коливань камертона в надплинному гелії, і чому ця причина відрізняється від механізму збудження першого звуку?

8. Чим пояснюється відмінність у загасанні відкритого і закритого камертонів у надплинному розчині, і який внесок дисипативної моди в кожному з цих випадків?

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи і обґрунтованість наведених здобувачем висновків.

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Геращенко Надії Олексіївни «Вплив гідродинамічних мод на коливання тіл у надплинних розчинах ^3He – ^4He » є завершеним науковим дослідженням, є актуальною та має наукову новизну та практичну значущість. Тема і зміст дисертації відповідають спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали галузі знань 10 Природничі науки та вимогам передбаченими наказом Міністерства освіти і науки України від

12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44).

Враховуючи актуальність, обґрунтованість наукових положень і висновків, наукову новизну та практичну значущість дисертаційної роботи, а також дотримання академічної доброчесності вважаю, що Геращенко Надія Олексіївна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали з галузі знань 10 Природничі науки.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, доцент,
головний науковий співробітник сектору
міжнародного співробітництва та роботи з
іноземцями лабораторії теоретичних
досліджень, міжнародної, редакційно-
видавничої та науково-методичної діяльності
Національного наукового центру «Інститут
судових експертиз ім. Засл. проф. М. С.
Бокаріуса» Міністерства юстиції України

Олена СЕРІКОВА

СЕРІКОВА ОЛЕНА МИКОЛАЇВНА

Результат перевірки підпису	Підпис вірний
П.І.Б.	СЕРІКОВА ОЛЕНА МИКОЛАЇВНА
РНОКПП	3186505907
Організація (установа)	ФІЗИЧНА ОСОБА
Код ЄДРПОУ	
Посада	
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для даних від Надавача)	13:33:13 02.06.2026
Сертифікат виданий	КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер	5E984D526F82F38F040000003E9227028317A307
Тип носія особистого ключа	Захищений
Алгоритм підпису	dstu4145
Тип підпису	Кваліфікований
Формат підпису	CAAdES-T
Сертифікат	Кваліфікований

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
Олександрю ГРИБУ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, завідувачки відділом вібраційних і термоміцнісних досліджень Інституту енергетичних машин і систем ім. А.М. Підгорного НАН України Сметанкіної Наталі Володимирівни на дисертаційну роботу Геращенко Надії Олексіївни «Вплив гідродинамічних мод на коливання тіл у надплинних розчинах $^3\text{He} - ^4\text{He}$ » подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали

1. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Дисертаційна робота Геращенко Н.О. присвячена дослідженню фізичних механізмів взаємодії гідродинамічних мод із тілами, що коливаються в рідкому гелії. Зокрема, увагу зосереджено на теоретичному описі процесів випромінювання та поглинання енергії, а також виникнення і взаємодії звукових резонансів у надплинних розчинах ізотопів гелію. Наявні експериментальні дані свідчать про те, що інший звук, який є характерним для надплинних середовищ, спостерігається також у наносередовищах. Особливо яскраво він проявляється в надплинних сумішах $^3\text{He} - ^4\text{He}$ за концентрацій 10 – 15%, суттєво впливаючи на суміжні фізичні процеси, зокрема теплоперенос та дифузію. Отримані результати відкривають перспективи для розроблення ефективних методів керування тепловим балансом в нанорозмірних системах.

Результати, отримані в ході експериментальних досліджень потребують ґрунтовного теоретичного опису, що й визначає актуальність даної дисертаційної роботи. В якості об'єкту дослідження обрано релаксаційні процеси в надплинних розчинах квантових рідин у системі «кварцовий

камертон-гелій». Побудована в роботі теоретична модель цієї системи створює підґрунтя для глибшого розуміння фізичних властивостей надплинних розчинів та інтерпретації експериментальних даних.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.

Дисертаційна робота складається з анотацій, вступу, 5 розділів з підрозділами, містить загальні висновки та висновки до кожного розділу, висновків, списку використаних джерел та додатку, в якому представлено список публікацій здобувачки за темою дисертації, що включає в себе 5 статей та 8 тез міжнародних конференцій.

Матеріал дисертаційного дослідження викладено в логічній послідовності та доступно для сприйняття. Текст роботи добре структуровано та написано науковим стилем мовлення.

Вступ містить актуальність дослідження, мету та основні задачі, об'єкт та предмет дослідження. Визначено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, методи дослідження, а також вказано особистий внесок здобувачки.

В першому розділі представлено огляд літератури за темою дисертаційного дослідження. Розглянуто експериментальні та теоретичні дослідження, в яких описано взаємодію кварцового камертона з нормальними колективними модами надплинних рідин, а саме першим і другим звуком, в'язкими модами і дисипативними тепловими хвилями, що сформувало підґрунтя для досліджень, які виконані здобувачкою.

Другий розділ описує резонанси звуку в рідкому та надкритичному гелії, де представлено математичну спрощену модель досліджуваної системи, проведено порівняння з експериментальними даними.

Третій розділ описує умови, за яких коливання системи кварцовий камертон – гелій генерують дисипативну хвилю, розв'язано задачу для чистого гелію та для достатньо слабких розчинів ізотопів гелію.

Четвертий розділ зосереджено на описі кінетичних властивостей сумішей ізотопів гелію, в якому розглянуто особливості дифузійного руху домішок у розчинах гелію та отримано явні аналітичні вирази для дисипативних коефіцієнтів.

П'ятий розділ охоплює теоретичне дослідження можливих механізмів дисипації енергії з урахуванням двох можливих фізичних механізмів релаксації теплових збурень – другого звуку та дифузійної дисипативної хвилі.

Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. № 44 (редакція від 01.01.2024 р.), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій».

3. Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Дисертаційна робота Н.О. Геращенко виконана Харківському національному університеті імені В. Н. Каразіна та була складовою частиною держбюджетного наукового проекту Міністерства освіти і науки України № державної реєстрації роботи: 0122U001482 – «Взаємодія квазічастинок з поверхнями наноструктур довільної ступені шорсткості». Також робота була частково підтримана за рахунок програми «Гранти на дистанційні дослідження для українських дослідників», проекту EURIZON, за грантовою угодою ЄС № 871072.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Розділи дисертації утворюють цілісну логічну структуру, в якій кожен наступний етап дослідження спирається на результати попередніх та є

підґрунтям для наступних. Обґрунтованість наукових результатів дисертаційної роботи Геращенко Н.О. забезпечується застосуванням фундаментального апарату гідродинаміки в поєднанні з методом перетворень Фур'є, а також методики використання кінетичних рівнянь для функцій розподілу системи квазічастинок та їх розв'язання для слабких відхилень від стану рівноваги. Результати дослідження відображено у фахових виданнях, які індексовані в міжнародних наукометричних базах даних, а також представлено на 8 міжнародних наукових конференціях, що свідчить про їх визнання науковою спільнотою.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна.

В дисертаційній роботі Геращенко Н.О. було використано широкий спектр методів теоретичної фізики. Вперше в рамках єдиного теоретичного підходу було доведено, що врахування дисипативної дифузійної теплової хвилі пояснює зникнення резонансів другого звуку, спостережуване в експерименті. Шляхом розв'язання повної системи гідродинамічних рівнянь знайдено дисперсійні співвідношення для першого і другого звуків та дисипативних теплових хвиль, а також визначено взаємозв'язки між амплітудами гідродинамічних параметрів у цих модах. В результаті виконаної роботи вдалось показати, що знайдений у дисертації механізм одночасного поширення енергії в дисипативній хвилі та у звуковій хвилі другого звуку може бути використаний для створення нових ефективних методів тепловідведення в наноструктурах.

6. Дотримання академічної доброчесності

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com), встановлено, що дисертаційна робота виконана

самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

7. Практичне значення результатів дисертації.

Результати дослідження можуть бути використані для розвитку високоточних технологій у галузях квантової метрології, кріоінженерії та надпровідникової електроніки. Розроблені математичні моделі взаємодії кварцових камертонів із надплинним середовищем дозволяють інтерпретувати експериментальні дані та прогнозувати поведінку таких систем у багатокомпонентних середовищах, за наявності неоднорідностей та зовнішніх збурень. Отримані методики та теоретичне обґрунтування можуть бути використані в наукових дослідженнях Інституту енергетичних машин і систем ім. А.М. Підгорного НАН України.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

1. У пункті 2 наукової новизни стверджується, що задачу про одночасне збудження першого та другого звуків «вперше розв'язано» в дисертації. Водночас у тексті розділу 5 (с. 108) зазначено, що аналогічну задачу розв'язано в роботах [105, 107]. Уточніть, у чому полягає оригінальний внесок автора порівняно з цими роботами.
2. Необхідно пояснити, яким чином у моделі у розділі 2 враховується геометрія реального камертона, і які спрощення при цьому вносяться.
3. Потребує пояснення фізичний механізм, який дозволяє використовувати кварцовий камертон як вимірювальний прилад для визначення в'язкості або швидкості звуку в надплинному гелії

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи й обґрунтованість наведених здобувачем висновків.

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Геращенко Надії Олексіївни «Вплив гідродинамічних мод на коливання тіл у надплинних розчинах ${}^3\text{He} - {}^4\text{He}$ » являє собою завершену наукову працю та повністю відповідає спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали галузі знань 10 Природничі науки. Дисертація відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (редакція від 01.01.2024 р.). Дисертація оформлена згідно з вимогами Наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019 р.).

Вважаю, що Геращенко Надія Олексіївна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали з галузі знань 10 Природничі науки.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
завідувачка відділом вібраційних і
термоміцнісних досліджень Інституту
енергетичних машин і систем
ім. А.М. Підгорного НАН України

Наталя СМЕТАНКІНА

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 21:29:23 03.06.2026

Назва файлу з підписом: ВІДГУК_Сметанкіна_НВ.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 101.2 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: ВІДГУК_Сметанкіна_НВ.pdf
Розмір файлу без підпису: 96.9 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: СМЕТАНКІНА НАТАЛЯ ВОЛОДИМИРІВНА
П.І.Б.: СМЕТАНКІНА НАТАЛЯ ВОЛОДИМИРІВНА
Країна: Україна
РНОКПП: 2495900980
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 21:29:24 03.06.2026
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000002AD0410101C73B07
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2026.04.06 13:00