

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Наумовця Артема Сергійовича

«Опис термодинамічних властивостей кристалів та надплинного гелію з урахуванням зовнішніх полів та взаємодії квазічастинок»,
яка представлена на здобуття наукового ступеню кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю **01.04.02 – «теоретична фізика»**

Дисертаційна робота А.С. Наумовця присвячена теоретичному опису квантових конденсованих середовищ у квазічастинковому підході на випадок взаємодії квазічастинок (таких як фонони та ротони) із зовнішнім полем. Це зробило можливим побудувати теорію яка дозволяє єдиним чином дослідити особливості розповсюдження температурних хвиль у кристалах та надплинному гелії. Таким чином, тема дисертаційної роботи А.С. Наумовця є безсумнівно **актуальною**. Варто відмітити, що дисертант зробив доповідь за матеріалами дисертації на семінарі нашого відділу Надпровідних і мезоскопічних структур у Фізико-технічному інституті низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України, та співробітники відділу дали високу оцінку актуальності, новизні та рівню дисертації.

Актуальність досліджень дисертаційної роботи А.С. Наумовця підтверджується також тим, що вони є складовою частиною наступних проєктів, які виконувались в навчально-науковому інституті «Фізико-технічний факультет» Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна відповідно до тематичних планів фундаментальних науково-дослідних робіт, зокрема, «Рідкісні ядерні процеси і розпади, спектроскопія розпадів та структура ядер» (номер держреєстрації 0115U000473, термін виконання 2012 р.), «Квантова теорія систем взаємодіючих фермі- та бозе-частинок» (номер держреєстрації 0117U004866, термін виконання 2017-2019 рр.), «Енергетична залежність і рефракційні властивості взаємодії легких ядер з ядрами» (номер держреєстрації 0120U102294, термін виконання 2020-2022 рр.). Роль автора дисертації в усіх роботах за науковими темами та програмами – виконавець.

Дисертаційна робота складається з п'яти розділів. Розглянемо критично основні результати у відповідній послідовності.

У оглядовому **першому розділі** наведено аналіз робіт щодо термодинаміки кристалічних твердих тіл в області високих температур та електричної активності рідкого гелію при низьких температурах. Цей розділ є оглядовим і дуже гарно підготовлює читача до розуміння наступних чотирьох розділів. Зокрема, стає зрозумілим постановка задач, коли квазічастковий формалізм повинен бути розвинений за екстремальних умов (дуже високих та дуже низьких температур) для опису сучасних фундаментальних досліджень в конденсованих середовищах.

Викладання основної частини оригінальних результатів починається у **другому розділі**, в якому побудована модель зведеного ізотропного кристала, який описується вільною енергією з точністю до доданків четвертого порядку за тензором деформації. Детально розглянуто випадки різних сингоній та отримано всі коефіцієнти модулів пружності четвертого порядку для кубічної, гексагональної, тригональної та тетрагональної сингоній. Тобто автор в цьому розділі починає з фундаментальної постановки питання та закінчує відповідями для зведених модулів пружності 2го, 3го та 4го порядків, що може бути використано для подальших досліджень. І дійсно, це й робиться в наступному розділі.

Третій розділ базується на розрахунках модуля пружності четвертого порядку зведеного ізотропного кристала, який отримано в попередньому розділі. Автор показує, як узагальнена модель Дебая дозволяє пояснити відхилення теплоємності від закону Дюлонга-Пті при високих температурах, що спостерігалось експериментально. Вражає, що розвинуту теорію може бути застосовано для різних матеріалів, зокрема автор робить це для алмазу, хлориду натрію, кремнію, германію та ще багатьох сполук. Зокрема, для перших двох обчислюється теплоємність при постійному об'ємі та успішно порівнюється з експериментальними даними.

Четвертий розділ присвячений вивченню хвиль другого звуку у кристалах. Розраховано частоти зіткнень фононів кристалічної ґратки з ізотопами та границею, а також залежність часу їхнього життя від характеристик процесів перекидання та параметрів зіткнень. Важливим фундаментальним результатом є визначення умов існування хвиль другого звуку в твердих тілах; зокрема наведено розрахунки для ізотопічно збіднених кристалів алмазу та фториду літію.

П'ятий розділ дисертації є, можливо, найбільш розроблений – в ньому досліджено дворідинну гідродинаміку з урахуванням електричного поля. Розглянуто збудження хвиль другого звуку в надплинному гелії в резонаторі; пояснюється виникнення електричної різниці потенціалів на стінках резонатора. Автору вдається описати теоретично один з найбільш цікавих сучасних вітчизняних експериментів щодо електричної активності гелію.

Таким чином, в дисертаційній роботі А.С. Наумовця шляхом аналітичного і чисельного аналізу рівнянь термодинаміки твердих тіл та надплинного гелію **отримано ряд нових цікавих результатів. Дисертація повністю відповідає спеціальності 01.04.02 — «теоретична фізика».**

На мою думку, **найбільш цікаві наукові результати**, що отримані у дисертації, пов'язані з теоретичними розрахунками щодо електричних проявів надплинного гелію. Автор розвинув теоретичну модель, основу на припущенні дипольного моменту ротона, яка дозволяє отримати термодинамічні характеристики та описати наявні експериментальні результати щодо такого незвичайного феномену як електрична активність гелію. Більш того, нещодавно за співавторством дисертанта, було опубліковано препринт, в якому проведено

експериментальне дослідження впливу надплинних потоків гелію на поглинання електромагнітних хвиль надвисокої частоти та наведено пояснення цього феномену, яке базуються на моделі, що викладено в п'ятому розділі дисертації. Таким чином, отримані у дисертації **результати та розроблені методи мають практичне значення**. Загалом дослідження дисертаційної роботи доповнюють і розширюють існуючі уявлення про пружні властивості кристалів з урахуванням нелінійних ефектів та про взаємодію електромагнітного поля із надплинним гелієм, що підтверджує також **фундаментальне теоретичне значення** отриманих результатів.

Обґрунтованість та достовірність отриманих в дисертації теоретичних результатів забезпечується застосуванням сучасних надійно апробованих методів теоретичної фізики конденсованого стану, а також підтверджується ретельно зробленими викладками, наведеними у тексті. В рамках застосованих модельних припущень наукові положення, висновки, сформульовані у дисертації, є цілком обґрунтованими. Аналітичні результати доповнюються і підтверджуються чисельними розрахунками. Варто підкреслити, що автор застосовує різні аналітичні методи теоретичної фізики, такі як методи теорії збурень, метод вторинного квантування, методи електродинаміки суцільних середовищ та тензорного аналізу.

Вважаю за доцільне ознайомити з науковими результатами дисертаційної роботи А.С. Наумовця фахівців таких інститутів НАН України і університетів МОН України, як Інститут фізики НАН України (м. Київ), Інститут теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України (м. Київ), Київський національний університет ім. Т. Шевченка, Інститут фізики конденсованих систем НАН України (м. Львів), Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України (м. Харків), Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна (м. Харків), Інститут монокристалів НАН України (м. Харків).

По змісту дисертації можна зробити такі **зауваження** рекомендаційного характеру:

- 1) В роботі вивчено поведінку квазічастинкових систем в твердих тілах у випадках відносно високих та низьких температур. Варто було б хоча б якісно обговорити чи можна застосовувати отримані результати при проміжних температурах і, якщо ні, якими підходами треба користуватись в цій області та які результати можна отримати.
- 2) Результати розділу 5 базуються на припущенні про існування дипольного моменту ротона. І хоча це дозволяє авторам отримати узгодження з експериментом, це важливе припущення треба було б обговорити, навести посилання на роботи, в яких подібні припущення робляться та обчислюються.
- 3) У підрозділі 5.3 проводиться порівняння з експериментом: див. формулу (5.53) та її обговорення. Оскільки діелектрична проникність суттєво залежить від частоти зовнішнього електричного поля, було б доцільно прокоментувати високочастотну границю застосованого підходу.

Однак зазначені зауваження не впливають істотно на отримані автором дисертації результати і на загальну високу оцінку роботи. Дисертація прекрасно структурована і написана доброю науковою мовою. Основні результати опубліковані в 6 статтях. При цьому значний внесок в роботу належить дисертанту. Новизна та наукове значення отриманих результатів не викликають сумнівів. Опубліковані роботи й автореферат повно і вірно відбивають зміст і висновки дисертаційної роботи, а також особистий внесок здобувача. Дисертація А.С. Наумовця є закінченою науковою роботою, в якій отримані нові науково-обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують важливу наукову проблему теоретичної фізики конденсованого стану, а саме: в єдиному квазічастинковому підході опису середовища розширює сфери застосування теорії пружності та пояснює причини електричних проявів надплинного гелію.

Вважаю, що, враховуючи актуальність обраної теми, новизну та наукову значимість отриманих результатів, достовірність і обґрунтованість висновків, дисертація «Опис термодинамічних властивостей кристалів та надплинного гелію з урахуванням зовнішніх полів та взаємодії квазічастинок» повністю задовольняє всім вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року (зі змінами, внесеними Постановами КМУ № 656 від 19 серпня 2015 року, № 567 від 27 липня 2016 року), які висуваються до кандидатських дисертацій, зокрема пунктам 9,11,12, а автор дисертації Наумовець Артем Сергійович, поза сумнівом, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика.

Офіційний опонент
доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник,
завідувач відділу
надпровідних і мезоскопічних структур
Фізико-технічного інституту низьких температур
ім. Б.І. Веркіна НАН України


С.М. Шевченко

«Підпис С.М. Шевченка засвідчую.»

Вчений секретар ФГПТ ім. Б.І. Веркіна
НАН України,
кандидат фіз.-мат. наук




О.М. Калиненко