ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Константинова Олександра Михайловича

«Термополяризаційні ефекти у надплинних бозе-системах»,

яка подана на здобуття наукового ступеню кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика

Дисертаційна робота Константинова О.М. присвячена теоретичному дослідженню впливу внутрішньої структури атомів, зовнішніх полів і границь системи на електричну поляризацію надплинних бозе - систем. Ці дослідження є **актуальними** як з точки зору експериментів у атомарних бозе - системах і у рідкому гелії, так і з точки зору загального розуміння суті явища поляризації у надплинних системах. В рамках моделі слабо неідеального бозе-газу запропоновано теоретичний опис надплинної системи атомів з урахуванням динаміки ядра та валентного електрона. Вивчено ефекти, які пов'язані з поляризацією плівки надплинного гелію унаслідок неоднорідного розподілу густини поблизу границі. Розглянуто розповсюдження третього звуку у плівках і виникнення при цьому коливань електричного поля. Передбачено, що потоки тепла у надплинних системах які ортогональні зовнішньому магнітному полю призводять до появи електричного поля.

Актуальність досліджень дисертаційної роботи Константинова О.М. підтверджується також тим, що вони є складовою частиною проектів, які виконувались у відділі теоретичної фізики Фізико-технічного інституту низьких температур імені Б.І. Вєркіна НАН України. Перелік цих проектів наведений у дисертації і авторефераті.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів з 9 рисунками, висновків та списку використаних літературних джерел з 111 найменувань (на 11 сторінках) та двох додатків. Повний обсяг дисертації становить 122 сторінки.

У **першому розділі** дисертації приведено огляд літератури з питань, тісно пов'язаних з темою дисертації. Розглянуто можливі механізми поляризації надплинних бозе - систем та описані електричні і магнітні властивості квантових вихорів, які отримано в роботах інших авторів.

У **другому розділі** розвинуто мікроскопічну теорію процесів поляризації надплинної системи в моделі слабо неідеального бозе - газу. Отримано фундаментальний вираз для поляризаційного заряду неоднорідної надплинної системи через її параметр порядку, що має сенс хвильової функції атомів, яка ураховує внутрішній рух валентних електронів. В рамках запропонованої моделі встановлено, що при наявності зовнішніх надплинних потоків прямолінійний квантовий вихор створює поза системою електричний потенціал, який має вигляд потенціалу дипольного моменту, що дає підставу розглядати вихор як об'єкт з дипольним моментом.

У **третьому розділі** вивчено нестаціонарний термоелектричний ефект, який породжується хвилями третього звука. Розв'язано задачу про електричне поле, яке виникає в системі, що складається з атома гелію і розташованої поблизу твердий підкладки. Побудовано теорію поширення третього звуку в надплинних наноплівках з урахуванням поляризації плівки підкладкою, ефектів випаровування і конденсації, а також дифузійного руху вихорів і вихрових пар. Виявлено, що коливання температури при поширенні по тонкій надплинній плівці третього звуку призводять до появи в навколишньому просторі змінного у просторі та часі електричного поля. Ефект можна вважати електричним аналогом ефекту фонтанування. Встановлено, що величина електричного поля істотно залежить від матеріалу підкладки та способу її покриття.

Четвертий розділ присвячено проблемі протитокової теплопровідності і електричної активності надплинних систем в електромагнітних полях. Розглянуто надплинний гелій у зовнішньому магнітному полі. Виявлено, що потік тепла ортогональний до магнітного поля в такій системі призводить до появи електричного поля в навколишньому просторі (термомагнітний ефект). Розглянуто особливості ефекту для деяких зразків з різною геометрією і

показано, що величина електричного поля суттєво залежить від форми зразка і напрямку магнітного поля відносно зразка. Встановлено, що запропонований ефект реалізується як при стаціонарному, так і при нестаціонарному градієнті температури, а саме, при поширенні другого і третього звуків.

Наукова новизна отриманих результатів, положень, висновків та рекомендацій дисертації полягає у наступному:

- Розвинуто мікроскопічну теорію надплинного стану в моделі розрідженого бозе - газу лужного металу, в якому атоми металу розглядаються як складові бозони, що утворені парами ферміонів, та отримано зв'язок поляризаційної густини заряду і параметра порядку неоднорідної надплинної системи.
- Розраховано дипольний момент прямолінійного квантового вихору при наявності відносного руху нормальної і надплинної компонент.
- Побудовано теорію термоелектричних явищ в тонких надплинних плівках при поширенні в них хвиль третього звуку.
- Передбачено термомагнітний ефект у надплинних системах і отримано вирази для електричних полів у навколишньому просторі, які породжуються стаціонарним і нестаціонарним тепловими потоками у надплинній системі, що знаходиться в зовнішньому магнітному полі ортогональному до потоку.

Таким чином **наукова значимість** дисертаційної роботи полягає в тому, що в ній аналітичними та числовими методами досліджені електродинамічні явища в надплинних системах і передбачено нові фізичні ефекти.

Практичне значення одержаних результатів пов'язано з можливістю використання передбаченого термоелектричного ефекту в тонких плівках надплинного гелію як основи для створення надчутливого датчика для вимірювання температури.

Встановлені в роботі порогові значення величини електричного потенціалу для ламінарної течії надплинної рідини у передбаченому термомагнітному ефекті можуть служити експериментальним тестом для виявлення переходу течії надплинної рідини з ламінарного у турбулентний режим.

Обґрунтованість та достовірність здобутих у дисертації теоретичних результатів забезпечується застосуванням сучасних надійно апробованих методів теоретичної фізики конденсованого стану. В рамках застосованих модельних припущень наукові положення, висновки, що сформульовані у дисертації, є цілком обґрунтованими. Аналітичні результати доповнюються та підтверджуються числовими розрахунками.

Наукові результати дисертації повно викладені в опублікованих працях. Основні результати дисертації опубліковані в п'яти статтях у провідних фахових журналах. Результати дисертації оприлюднені на 15 міжнародних конференціях.

Автореферат вірно відображає зміст дисертації.

Зауваження до змісту дисертації.

- В тексті дисертації слід було б надати в явному виді виведення важливої формули (3.61), яка описує рух вихору як цілого, або винести це виведення в додаток.

- В четвертому розділі дисертації знайдено залежність електричного потенціалу від координат навколо капіляру, заповненого надплинним гелієм. Але в роботі не наведено інформацію щодо матеріалу, з якого зроблено капіляр і тому виникає питання, чи залежить передбачений ефект від матеріалу капіляру і якщо так, то як саме?

Наведені зауваження не впливають на **загальну високу оцінку роботи**.

Дисертація **повністю відповідає** спеціальності 01.04.02 - теоретична фізика.

Дисертація Константинова О.М. є **завершеною науковою працею** у галузі фізики квантових надплинних систем, в якій отримано низку нових теоретичних результатів і передбачень та вирішена актуальна задача, а саме, теоретично описано процеси поляризації та механізми термополяризації в надплинних бозе – системах з урахуванням внутрішньої структури атомів.

За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, рівнем наукових публікацій, новизною та практичною цінністю отриманих результатів

дисертаційна робота Константинова О.М. «Термополяризаційні ефекти у надплинних бозе - системах» повністю відповідає всім вимогам МОН України, зокрема, п.п. 9, 11 та 12 "Порядку присудження наукових ступенів", щодо кандидатських дисертацій, а її автор **Константинов Олександр Михайлович** заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата фізико математичних наук за спеціальністю 01.04.02 — теоретична фізика.

Офіційний опонент,
доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник,
начальник лабораторії дифузійних та
електронних явищ у твердих тілах
Національного наукового центра
"Харківський фізико-технічний інститут"
НАН України Полуектов Ю.М.

Підпис д.ф.-м.н. Ю.М. Полуектова засвідчую.
Заст. директора з наукової роботи
Інституту теоретичної фізики ім. О.І. Ахієзера Л.М. Давидов

УКРАЇНА * Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут» * Інститут теоретичної фізики імені О.І. Ахієзера ННЦ ХФТІ №24278254