

## **ВІДГУК**

на дисертаційну роботу **Нємченка Єгора Костянтиновича**  
**«Процеси теплоперенесення та електрична активність**  
**в моделях взаємодіючих квазічастинок надплинного гелію»,**  
подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних  
наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика

**Актуальність теми.** Дисертація Нємченка Єгора Костянтиновича присвячена дослідженню деяких явищ в надплинному гелії, що відбуваються в основному на його границі з твердим тілом. В даний час явищам, на границях різних середовищ, приділяється все більша увага, а дослідження таких явищ має також важливе прикладне значення. Тим більший інтерес становить вивчення поведінки поблизу границь такої унікальної квантової рідини, як гелій, що має властивість надплинності.

Метою роботи автора було запропонувати теоретичну модель теплообміну між надплинним гелієм і твердим тілом, а також, в зв'язку з проведеними експериментальними дослідженнями, теоретично вивчити явище електричної поляризації в гелії в неоднорідних умовах при наявності надплинних потоків.

Хоча відкриття П.Л. Капицею стрибка температур на границі між твердою стінкою і надплинним гелієм при наявності теплового потоку і запропоноване І.М. Халатніковим пояснення цього явища були зроблені декілька десятиліть тому, проте, цю проблему в наслідок її складності не можна вважати повністю вирішеною. В даний час також зріс інтерес до дослідження аналогічних ефектів на границях різних середовищ, що виникають при протіканні теплового потоку.

В останні роки в ряді експериментів, зокрема при спостереженні стоячої хвилі другого звуку, в надплинному гелії, нейтральні атоми якого у вільному стані не мають дипольного і більш високих електричних моментів, несподівано було зафіксовано появу електричного поля. Це явище підвищеної електричної активності надплинного гелію, незважаючи на значну кількість робіт, до теперішнього часу не має загальноновизнаного теоретичного пояснення.

Слід також зазначити, що вивчення електричної поляризації рідини в неоднорідних умовах при наявності надплинних потоків має самостійний загальнофізичний інтерес. Таким чином, проведені в дисертації теоретичні дослідження переносу тепла через границю двох квантових середовищ і електричної активності надплинного гелію є, безумовно, **актуальними**.

**Наукова новизна отриманих результатів.** В результаті досліджень, проведених в дисертації, були здобуті такі основні нові результати.

1. Була запропонована теоретична модель, для опису надплинного гелію, який знаходиться в контакті з твердою стінкою. Модель базується на використанні гідродинамічного гамільтоніану рідкого гелію. Постулюється, що в рідині можуть існувати флуктуації густини і швидкості двох типів: власні коливання і коливання, що створені вібраціями стінки, які, після квантування, автор називає «фононами твердого тіла». Побудовано в представленні вторинного квантування гамільтоніан, який враховує взаємодії «власних» і «твердотільних» фононів. Розраховані ймовірності процесів розсіювання таких фононів.

2. Розраховано в рамках запропонованої моделі зумовлений непружними фононними процесами потік тепла між надплинним гелієм та нагрітим твердим тілом.

3. Встановлено механізми виникнення електричної поляризації у квантових вихрових кільцях в надплинному гелії при наявності відносного руху надплинної та нормальної компонент гелію та поляризації атомів гелію зовнішніми силами, зокрема силами Ван-дер-Ваальса, створювані стінкою.

4. Розраховано електричний потенціал, що виникає у надплинному гелії в стоячих хвилях першого та другого звуку в зовнішньому постійному електричному полі, та розраховано потенціали у хвилях першого звуку за рахунок градієнта густини та прискорення рідини.

**Практичне значення отриманих результатів.** Фундаментальне значення результатів досліджень, проведених в дисертаційній роботі, полягає в подальшому розвитку і уточненні природи надплинності і зокрема явищ, що відбуваються на границі рідини з твердим тілом. Аналогічні дослідження в

даний час затребувані також для аналізу та опису ефектів, які виникають на границях різних квантових конденсованих середовищ.

**Для практичних застосувань** в роботі розроблено рекомендації щодо удосконалення експериментів, які вже були проведені, та запропоновано ідеї проведення нових експериментів, зокрема при подальшому дослідженні електричних властивостей надплинного гелію.

**Обґрунтованість і достовірність** дисертації досягнута за допомогою коректного застосування сучасних методів теоретичної фізики. Для забезпечення достовірності отриманих нових результатів проводилося постійне порівняння з результатами інших авторів, а також порівняння з результатами експериментів.

**Повнота викладу матеріалу в опублікованих працях.** Всі результати дисертації було опубліковано у 7 статтях в фахових вітчизняних та закордонних виданнях. Результати дисертації пройшли **апробацію** на 7 провідних вітчизняних та міжнародних наукових конференціях.

Дисертаційна робота Немченка Є.К. складається з анотацій, вступу, першого розділу, який містить огляд літератури та аналіз сучасного стану проблеми, чотирьох оригінальних розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації становить 127 сторінок. Вона містить 9 рисунків, список використаних джерел з 109 найменувань на 11 сторінках.

В **першому розділі** наведено огляд літератури за темою дисертації, аналізуються експериментальні та теоретичні роботи, які присвячені дослідженню особливостей стрибка Капиці, зокрема роботи, в яких були досліджені особливості випромінювання фононів у гелій нагрітим твердим тілом.

У **другому розділі** побудовано гамільтоніан взаємодії фононів на границі розділу надплинного гелію та твердих тіл. Розглянуто непружні процеси взаємодії «власних» фононів гелію та фононів, що генеровані поверхнею твердого тіла, в першому порядку теорії збуджень. Для цього було проведено процедуру вторинного квантування поля фононів на півпросторах.

**Третій розділ** присвячений дослідженню перенесення тепла через границю розділу He II та твердого тіла за рахунок непружних процесів. Було показано, що непружні процеси призводять до практично ізотропного розподілу, який спостерігається в експериментах, а також, що тепловий потік, обумовлений непружними процесами, при певних умовах за порядком величини зрівнюється з потоком, який обумовлений пружними процесами.

У **четвертому розділі** досліджено електричні властивості надплинного гелію, які обумовлені хвилями першого або другого звуків. Зокрема, досліджено електричні поля, що генеруються квантовими вихровими кільцями.

У **п'ятому розділі** «Електрична поляризація в плівках He II при відносному русі нормальної та надплинної компонент» розв'язана задача про електричну поляризацію при відносному русі нормальної і надплинної компонент в зовнішньому полі. Отримано дипольний момент квантового вихрового кільця в поле сили Ван-дер-Ваальса.

**Автореферат правильно і повно відбиває зміст дисертації.**

Список використаної літератури вказує на хорошу інформованість автора про сучасний стан розглянутих ним проблем.

**До змісту дисертації та її оформленню є такі зауваження:**

1. У дисертації розглядається проблема опису явищ на границі між твердим тілом і надплинною рідиною при наявності теплового потоку через границю. Між тим фонони твердого тіла в запропонованій моделі не розглядаються. Вплив твердого тіла в цій моделі проявляється в тому, що за припущенням автора, в рідині існують крім власних фононів, деякі «твердотільні» фонони, властивості яких визначаються граничними умовами, а на власні фонони граничні умови не впливають. Саме взаємодію власних і «твердотільних» фононів в рідині і розглядає автор у своєму підході. У більш послідовному підході слід було б розглядати окремо фонони в рідині і у твердому тілі з урахуванням умов на границі, що, звичайно, є суттєво більш складною проблемою.

2. Оскільки динаміка фононів в самому твердому тілі не враховується, то наведені в дисертації міркування про роль поперечних і поверхневих фононів мають декларативний характер.

3. Відчувається, що переклад дисертації на українську мову був здійснений «машинним» способом без належного коригування. Внаслідок цього в дисертації використовуються невдалі українські терміни. Російське слово «плотность» найчастіше, як і в даному випадку, має перекладатися як «густина». Термін що є в дисертації «щільність» означає «плотность прилегания чего-то к чему-то». Термін «числовой» слід перекладати як «числовий», а не як «чисельний», що по-російськи означає «многочисленный». Невдалим є переклад терміну «граница» (між двома середовищами) як «кордон». Просто – «границя» або «межа». Зустрічаються також описки і недбалості в оформленні.

Мета зроблених зауважень підкреслити, що проблему теплопереносу між двома квантовими середовищами ні в якому разі не можна вважати вирішеною і тут потрібне проведення додаткових, як експериментальних, так і теоретичних досліджень. Що стосується роботи дисертанта, то в рамках запропонованої моделі, виконані їм обчислення є коректними, і він проявив себе як кваліфікований теоретик.

Таким чином, дисертація Немченка Є.К. є **завершеною науковою працею**, що містить нові результати у галузі теоретичній фізиці конденсованого стану і низьких температур і пропонує рішення декількох актуальних задач. Зокрема в ній запропоновано модель, яка дозволяє відносно просто розглядати ефекти на границі надплинної рідини з твердим тілом при наявності потоку тепла, а також розглянуто можливі механізми виникнення електричної поляризації у надплинному гелії, які спричинені дією хвиль першого та другого звуку, квантовими вихровими кільцями, та поляризацією атомів в тонких плівках гелію зовнішніми силами.

Вважаю, що за актуальністю вибраної теми роботи, обсягом виконаних досліджень, рівнем і кількістю наукових публікацій, новизною та практичною

цінністю отриманих результатів дисертаційна робота Є.К. Немченка «Процеси теплоперенесення та електрична активність в моделях взаємодіючих квазічастинок надплинного гелію» задовольняє всім вимогам, які ставляться МОН України до кандидатських дисертацій, зокрема пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор Немченко Єгор Костянтинович, заслуговує 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 центру  
«Харківський фізико-технічний інститут»  
НАН України



Полуктов Ю. М.

Підпис Полуктова Ю. М. засвідчую,  
заступник директора ІТФ ННЦ ХФТІ



Л.М. Давидов