

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
**ШЕШИНА Григорія Олександровича «КІНЕТИЧНІ ТА ДИНАМІЧНІ
ЕФЕКТИ У НАДПЛИННОМУ ГЕЛІЇ ТА ЙОГО ІЗОТОПІЧНИХ
РОЗЧИНАХ В УМОВАХ НЕОДНОРІДНОСТІ
ТЕМПЕРАТУРИ ТА ТИСКУ»**,

що подана на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.09 – фізика низьких температур

В останні роки зріс інтерес до вивчення кінетичних і динамічних процесів в надплинних системах, до яких відносяться рідина ізотопу гелію і його розчини. Такі системи дозволяють в добре контрольованих умовах досліджувати багато властивостей і явищ в конденсованих середовищах не тільки в стані термодинамічної рівноваги, але і в неоднорідних умовах, до яких відносяться конвекція, нестійкість ламінарної течії і збудження турбулентності, нестійкість міжфазної межі.

Дисертація Г.О. Шешина знаходиться на передньому краї таких досліджень. Тема, яка обрана для дисертаційної роботи, є, без сумніву, **актуальною**, оскільки результати дисертації можуть бути успішно використані для прискорення низки напрямків фізики конденсованого стану при низьких та наднизьких температурах: фізики нелінійних явищ у гідродинаміці надплинної рідини, процесів гетерогенного зародкоутворення нової фази у розчинах, фізики двовимірних наносистем та надплинних плівок. Крім того, робота також має **практичне значення**, зокрема при розробці принципів нового криогенного обладнання, особливо при конструюванні потужних рефрижераторів розчинення.

Наукова новизна отриманих в дисертації результатів визначається тим, що вони отримані вперше.

Робота побудована таким чином, що в **перших двох** розділах описані всі експериментальні методи дослідження, які використовуються дисертантом. Крім цього, в цих розділах наведені отримані вперше результати, що стосуються досліджень кінетики надплинності в умовах слабкої неоднорідності, а саме: результати дослідження теплопровідності слабких розчинів, обумовленої фононним розсіюванням; поглинання першого звуку, яке при наднизьких температурах в основному залежить від часу розсіювання домішкових квазічастинок; а також дані щодо вимірювань в широкій області температур

коефіцієнта опору He II за допомогою оригінального методу кварцового камертона. Крім того, дисертанту вдалося безпосередньо виміряти, проаналізувати випромінювання акустичної хвилі, збудженої камертоном, та показати її вплив на вимірювання дисипативних процесів малої величини. Для усунення впливу акустичного випромінювання на вимірювані величини автор запропонував і ефективно використовував один із способів демпфування акустичної хвилі, обмежуючи простір навколо камертона, що коливається, до розмірів набагато менше довжини випромінюваної акустичної хвилі.

Далі наведені результати дослідження, розподілені за ступенем збільшення створюваної неоднорідності в досліджуваній рідині. Так, в *третьому* розділі наведені дослідження конвекційної течії в надплинному розчині. Обговорюються механізми появи міжфазної межі і збудження нестійкості межі розшарування, яка призводить до конвекційної турбулентності в розчині ${}^3\text{He}$ - ${}^4\text{He}$. Безпосередньо вимір проходження і відбиття акустичної хвилі на межі розшарування і визначення рухливості міжфазної межі описані в *четвертому* розділі.

Зміст *п'ятого і шостого* розділів присвячено опису і результатам досліджень турбулентних течій в He II і в 5% розчині ${}^3\text{He}$ в ${}^4\text{He}$. Незважаючи на те, що на перший погляд властивості обох надплинних рідин повинні бути схожими, дисертантом було показано, що додавання в He II атомів ${}^3\text{He}$ призводить до радикальних змін. Так, збільшується стійкість ламінарної течії і збільшується критична швидкість переходу від ламінарного до турбулентного характеру течії. У той же час в He II при температурах нижче 0,7 K, коли нормальна компонента практично відсутня, перехід від ламінарного режиму до турбулентного відбувається через проміжний режим. Показано, що дисипативні процеси в ньому визначаються зростанням щільності квантових вихрів і силою взаємного тертя (що в даному випадку значить розсіювання теплових збуджень на квантованих вихрах, такий проміжний режим відсутній в розчині ${}^3\text{He}$ - ${}^4\text{He}$). Більш того, в розчині були спостережені аномалії, які найбільш вірогідно пов'язані з конденсацією домішкових атомів ${}^3\text{He}$ на корі вихра.

У *сьомому* розділі наведені результати досліджень двовимірної системи гелію на графойлі та проаналізовано вплив сил Ван-дер-Ваальса на температуру надплинного переходу. Тут автор розглядає «неоднорідності» атомного рівня, коли поодинокі шари дейтероводню (які зменшують сили Ван-дер-Ваальса та є проміжними шарами між графойлом і атомарними плівками гелію) призводять до збільшення температури надплинного переходу. Крім того, в настільки неоднорідній системі спостерігається двовимірна конденсація, що само собою є нетривіальним результатом.

Усі результати, одержані в роботі, є безумовно новими. На мій погляд, **найбільш цікавими результатами** можна вважати такі:

- вперше виявлено, що зі зменшенням температури коефіцієнт проходження акустичної хвилі через межу розшарування розчину ^3He - ^4He суттєво зменшується, а коефіцієнт відбиття стає близьким до одиниці. Встановлено, що розрахована за допомогою одержаних коефіцієнтів проходження та відбиття температурна залежність коефіцієнта рухливості фазової межі є функцією, обернено пропорційною квадрату температури;
- вперше визначено температурну залежність дисипації енергії коливань камертона, зануреного у надплинний гелій, та запропоновано емпіричну залежність, яка описує температурну поведінку коефіцієнта питомого опору камертона як у гідродинамічному, так і у балістичному режимах розсіювання теплових збуджень.

Матеріали дисертації Г.О.Шешина досить повно розкриті в наукових статтях. Дисертація добре написана і оформлена відповідно до стандартів. Але вона **не є вільною від недоліків**:

1. На деяких рисунках відсутні довірчий інтервал і немає статистичного усереднення (напр., рис. 2.14-2.16, інш.).
2. В дисертаційній роботі усі низькотемпературні прилади, які використовуються в експериментах, наведені тільки у вигляді рисунків. Для експериментальної дисертації бажано навести фотографії цих пристроїв.
3. Не повністю розкритий механізм, що викликає аномалії на АЧХ кварцового камертона при дослідженні турбулентної течії в розчині ^3He - ^4He .

Втім, зазначені зауваження не знижують цінності представленої дисертаційної роботи і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Треба також підкреслити, що **основні положення та висновки є науково обґрунтованими, та достовірність результатів підтверджується** передусім тому, що вони базуються на надійних експериментальних методах. Результати **в повній мірі опубліковані в наукових спеціалізованих виданнях**, а саме – в 47 друкованих працях: з них 25 статей в наукових фахових виданнях, 22 публікації у матеріалах міжнародних конференцій та симпозіумів. **Положення автореферату і дисертації є ідентичними.**

Дисертаційна робота Шешина Г.О. є завершеною науковою працею, яка виконана на високому науковому рівні. Її зміст повністю розкриває тему дослідження і відповідає спеціальності 01.04.09 – фізика низьких температур. В дисертації вирішено важливу наукову проблему у фізиці низьких температур, а саме: виявлено закономірності кінетичних та динамічних процесів в рідкому гелії та його ізотопічних розчинах під впливом градієнтів температури і тиску та зміни концентрації ізотопу.

Вважаю, що за своїм рівнем, обсягом досліджень і науковим значенням результатів дисертаційна робота Г.О. Шешина «Кінетичні та динамічні ефекти у надплинному гелії та його ізотопічних розчинах в умовах неоднорідності температури та тиску» повністю відповідає усім вимогам МОН України щодо докторських дисертацій, зокрема, пунктам 9, 10 і 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а автор роботи, Григорій Олександрович Шешин цілком заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.09 – фізика низьких температур.

Офіційний опонент:

член-кореспондент НАН України,
доктор фізико-математичних наук,
професор, завідувач відділу радіоспектроскопії
Інституту радіофізики та електроніки
ім. О.Я. Усикова НАН України

С.І. Тарапов

Підпис

члена-кореспондента НАН України,
доктора фізико-математичних наук,
професора, завідувача відділу радіоспектроскопії
Інституту радіофізики та електроніки
ім. О.Я. Усикова НАН України
Сергія Івановича Тарапова

засвідчую:

Вчений секретар
Інституту радіофізики та електроніки
ім. О.Я. Усикова НАН України,
кандидат фізико-математичних наук



І.Є. Почаніна