

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Рубця Сергія Петровича

**«Гомогенізація та фазове розшарування
концентрованих твердих розчинів ^3He - ^4He »**,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.04.09 - фізика низьких температур.

Відкриття явища фазового розшарування твердих розчинів ізотопів гелію ініціювало інтенсивні дослідження різноманітних явищ переносу, які супроводжують цей фазовий перехід у квантових кристалах в області низьких і наднизьких температур. Оскільки розшарування у твердих розчинах ^3He - ^4He визначається дифузійними процесами, вивчення кінетики процесу може дати важливу інформацію про тунельний перенос речовини в таких системах при низьких температурах. Відомості про коефіцієнт дифузії були отримані раніше в однорідних твердих розчинах ^3He - ^4He методом ЯМР на ядрах ^3He . При дослідженні концентрованих твердих розчинів, а також розчинів ^4He в ^3He , необхідно застосовувати інший метод, який би дозволив одержати данні про масову дифузію у твердому гелії. Крім того, в умовах ізотопічного фазового розшарування зростання включень нової фази супроводжується значними механічними напруженнями і дифузія домішок відбувається під дією значних градієнтів концентрації. Виявляється, що вплив цих факторів при гомогенізації, тобто зворотному переході розшарованого твердого розчину в однорідний стан, є ще більш значним.

Оскільки фазові переходи у твердому гелії відбуваються в міліградусній області температур, то внесок теплових збуджень у перехід є незначним. Виявилось також, що і внеском вакансійної підсистеми в термодинаміку також можна знехтувати. У таких умовах при наближенні до температури фазового розшарування починають проявлятися флуктуаційні ефекти, які призводять до аномалії різних термодинамічних величин. Таким чином, як дослідження

дифузійних процесів у твердих розчинах ^3He - ^4He так і дослідження флуктуаційних ефектів виявляються безумовно **актуальними і раніше не проводилися.**

Важливість і актуальність розглянутих у дисертації проблем підтверджується також тим, що роботи, які складають основу дисертації, виконані відповідно до наукових планів ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України по наступних темах: «Неоднорідні та низьковимірні системи в рідкому та твердому гелії» (номер державної реєстрації 0103U000331, термін виконання 2003 - 2005 рр.), «Нові ефекти у квантових рідинах та кристалах при низьких та наднизьких температурах» (номер державної реєстрації 0106U002557, термін виконання 2006 - 2010 рр.), «Об'ємні й поверхневі наносистеми у квантових рідинах та кристалах» (номер державної реєстрації 0110U007894, термін виконання 2011 - 2015 рр.). Робота також частково проводилася в рамках проектів Українського науково-технологічного центру (УНТЦ): «Нейтральні та заряджені наноструктури в рідкому та твердому гелії» (номер 3718, термін виконання 2008 - 2010 рр.) та «Пошук та моделювання нових наносистем у конденсованому гелії» (номер 5211, термін виконання 2010 - 2012 рр.).

Відповідність обраної спеціальності. Дослідження особливостей кінетики фазових переходів твердих розчинів ізотопів гелію проводилися в мілікельвіновій області температур. Для одержання температур цього діапазону був використаний оригінальний рефрижератор розчинення й сучасна система термометрії, що включає в себе термометри опору й еталонний кристалізаційний термометр. Саме в цій області температур отримані всі основні результати дисертації, що рецензується. Безумовно, дисертація С.П. Рубця **повністю відповідає спеціальності 01.04.09 - фізика низьких температур.**

Дисертація складається із вступу й п'яти розділів, три з яких містять оригінальні результати досліджень. Всі розділи дисертаційної роботи логічно зв'язані між собою.

Техніка експерименту й достовірність результатів. Метод прецизійного виміру тиску, успішно застосований дисертантом, дозволив виявити й

дослідити ряд нових кінетичних явищ, що відбуваються при фазових переходах у твердих розчинах ізотопів гелію. Всі отримані результати добре погоджуються між собою й з відповідними даними теоретичних робіт. Висока точність вимірів і відтворюваність результатів, а також ретельна обробка отриманих експериментальних даних, дають впевненість у достовірності результатів даної роботи.

Новизна отриманих наукових результатів. Результати, що отримані автором у процесі виконання даної роботи, є новими й опубліковані в провідних спеціалізованих вітчизняних і закордонних виданнях. Як зазначено в дисертації і авторефераті, особистий внесок дисертанта в тих роботах, що включені у дисертацію, є визначальним. Не повторюючи зміст дисертації, хотів би відзначити такі найбільш важливі результати даної роботи:

1. Автор уперше виявив новий ефект у твердих розчинах ^3He - ^4He поблизу температури фазового розшарування, суть якого полягає в появі великомасштабних флуктуацій концентрації розчину. У роботі показано, що при охолодженні розчину поблизу температури фазового розшарування його тиск помітно підвищується за рахунок флуктуаційних ефектів, а не зменшується, як цього можна було б очікувати при урахуванні тільки фононного внеску.

2. Дисертантом вперше встановлено, що при наближенні до температури розшарування за рахунок флуктуацій у домішковій підсистемі розчинів утворюються зародки нової фази у вигляді кластерів, які містять сотні атомів, що підтверджується теоретичними розрахунками.

3. Автором вперше експериментально зареєстрована в концентрованих розчинах гігантська асиметрія процесів розшарування та гомогенізації. Встановлено, що швидкість початкового етапу гомогенізації може перевищувати швидкість розшарування більше, ніж в 500 разів. При цьому швидкість гомогенізації суттєво залежить від кінетики попереднього розшарування розчинів.

4. Дисертантом вперше знайдено коефіцієнт масової дифузії та побудовано загальну картину еволюції дифузійних процесів зі зміною концентрації.

Наукове та практичне значення отриманих результатів. Результати дисертаційної роботи С.П. Рубця мають фундаментальний характер і поширюють уявлення про природу термодинамічних та кінетичних властивостей твердих розчинів ^3He - ^4He при низьких і наднизьких температурах. Отримані результати можуть бути використані при дослідженні фазових переходів в інших подібних системах. Розроблений у дисертації високочутливий резонансний метод вимірювання температури та тиску з охолодженням генератором на польовому транзисторі в області наднизьких температур може бути використаний в інших експериментах при наднизьких температурах, де потрібна висока чутливість та точність вимірювань.

Повнота викладу матеріалу в опублікованих працях. Всі результати дисертації було опубліковано у 8 статтях у фахових вітчизняних та закордонних виданнях. Результати дисертації пройшли **апробацію** на 23 провідних вітчизняних та міжнародних наукових конференціях. Повний обсяг дисертації становить 152 сторінки. Вона містить 50 рисунків, 8 таблиць, список використаних джерел з 97 найменувань на 11 сторінках.

Автореферат правильно і повно відбиває зміст дисертації.

До змісту дисертації є такі зауваження:

1. При дослідженні флуктуаційних ефектів у твердих розчинах ^3He - ^4He різної концентрації не досліджена (див., наприклад, рис. 3 автореферату) концентрація 50 % ^3He , що викликає особливий інтерес і при якій флуктуаційні ефекти мали б проявитися найбільше. Було б доцільно привести дані вимірів твердого розчину з цією концентрацією.

2. Максимальний внесок флуктуаційних ефектів у тиск, як можна бачити з даних дисертації, становить 1 - 2 мбар. Було б цікавим прояснити, за рахунок яких факторів, досягається така висока точність виміру тиску, що дозволяє впевнено реєструвати настільки малі величини на фоні загального високого тиску.

Однак зроблені зауваження, які мають скоріш характер побажань, не знижують загальної позитивної оцінки дисертації, яка є **завершеною науковою**

працею, що містить нові результати у галузі експериментальної фізики конденсованого стану і низьких температур.

Вважаю, що за актуальністю вибраного напрямку роботи, обсягом виконаних досліджень, рівнем і кількістю наукових публікацій, новизною та практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота С.П. Рубця «Гомогенізація та фазове розшарування концентрованих твердих розчинів ^3He - ^4He » задовольняє всім вимогам, які ставляться МОН України до кандидатських дисертацій, зокрема, п.п. 9,11,12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор **Рубець Сергій Петрович**, безумовно заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.09 – фізика низьких температур.

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



Давидов Л. М.