

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

БІРЧЕНКА Олександра Петровича «Особливості кінетики метастабільних фаз у слабкому твердому розчині ^3He в ^4He », яка подана на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.09 – фізика низьких температур

Конденсовані фази гелію, внаслідок їх гранично високої квантовості, є одними з найбільш привабливих об'єктів досліджень сучасної фізики. Енергія нульових коливань в них є одного порядку з енергією міжатомної взаємодії. І саме завдяки цьому твердому гелію притаманні явища, що не спостерігаються в інших речовинах; зокрема такі, як особливості його поліморфізму, ізотопічний структуровий ефект тощо. Так у рідині легкого ізотопу ^3He при відносно невисоких тисках і при наднизьких температурах відбувається кристалізація в кубічну ОЦК фазу. У той же час, в твердому ^4He стабільною при цих температурах є ГЦП фаза. В останньому випадку перехід ГЦП-ОЦК спостерігається тільки при суттєвому підвищенні температури, і ОЦК фаза ^4He існує в досить вузькій, замкнутій області температур і тисків. Дослідженню таких незвичайних ефектів і присвячена робота О.П. Бірченка. Важливість їх вивчення для кращого розуміння природи макроскопічних квантових явищ обумовлює актуальність вибраної теми дисертації.

Багато питань з природи поліморфізму, кінетики фазових переходів і аналізу кінетичних та термодинамічних властивостей слабких твердих розчинів ізотопів гелію сьогодні залишаються значною мірою невивченими. Тому, проведені (саме, магніторезонансними методами) дослідження кінетики ОЦК-ГЦП переходу, вивчення процесів нуклеації з метою встановлення механізмів зародкоутворення і дослідження кінетичних властивостей нерівноважних метастабільних конденсованих фаз гелію є своєчасними і актуальними для фізики низьких температур і фізики твердого тіла.

Актуальність досліджень підтверджується також тим, що експерименти, які становлять основний зміст дисертації, проведено у відповідності з відомчими тематиками НАН України: «Нові ефекти у квантових рідинах та кристалах при низьких та наднизьких температурах» (номер державної реєстрації 0106U002557, термін виконання 2006 – 2010 рр.) та «Об'ємні та поверхневі наносистеми у квантових рідинах та кристалах» (номер державної реєстрації 0110U007894, термін виконання 2011 – 2015 рр.), а також у відповідності з робочими планами

спільного наукового проекту НАН України та Російського фонду фундаментальних досліджень «Метастабільні стани простих конденсованих систем» (номер державної реєстрації 0112U003554, термін виконання 2012–2013 рр.). Робота також частково проводилася в межах проектів Українського науково-технологічного центру (УНТЦ) «Нейтральні та заряджені наноструктури в рідкому та твердому гелії» (№ 3718, 2008–2010 рр.), «Пошук та моделювання нових наносистем у конденсованому гелії» (№ 5211, 2010–2012 рр.).

Предметом дослідження дисертаційної роботи О.П. Бірченка обрані кінетичні та термодинамічні властивості твердого гелію при температурах 1,3–1,85 К. Для успішного виконання поставлених завдань використано оригінальні методи прецизійного вимірювання тиску, низькотемпературного ядерного магнітного резонансу, а також відпалу для отримання якісних зразків. **Безумовно, дисертація О.П. Бірченко повністю відповідає спеціальності 01.04.09 - фізика низьких температур.**

Мету дисертаційної роботи можна вважати досягнутою в межах поставлених автором задач. **Дисертація складається** зі вступу, п'яти розділів основного тексту з малюнками та висновків. Список використаних джерел досить повно відображає інформаційний фундамент, на якому дисертант побудував свою роботу. Розділи органічно пов'язані проміж собою.

Новизна одержаних наукових результатів. Всі положення і результати, які сформульовані у пункті «наукова новизна», є новими і базуються на своєчасно опублікованих автором наукових працях в провідних фахових виданнях.

Не повторюючи висновків роботи, я хотів би відзначити декілька цікавих і важливих результатів рецензованої дисертації:

1. Автором виявлено, що загартовані ГЦП кристали слабкого твердого розчину ^3He в ^4He містять включення метастабільної та нерівноважної рідкої фази, які були ідентифіковані за значенням коефіцієнта дифузії і характерними часами магнітної релаксації. Показано, що відпалені ГЦП кристали гелію не містять в собі таких включень.
2. Автором вперше визначено часи спін-спінової і спін-граткової магнітної релаксації в рідких метастабільних включеннях у твердому розчині гелію. Показано, що спін-спінова релаксація відбувається в них таким же чином, як і в об'ємній рідині гелію, а час спін-граткової релаксації визначається швидкістю релаксації спінів безпосередньо на ГЦП матриці твердого гелію.

3. Автором вперше виявлено структурний перехід метастабільних рідких включень у твердий неупорядкований стан, що супроводжується суттєвим зменшенням швидкості спин-спінової релаксації та коефіцієнта дифузії.

Слід зазначити, що всі результати роботи О.П. Бірченка базуються на експериментах, виконаних надійними сучасними фізичними методами; ці результати узгоджуються між собою, а також з проведеними розрахунками і з відповідними літературними даними. Це дозволяє дати чітку однозначно позитивну відповідь на питання про ступінь **обґрунтованості наукових положень** і висновків дисертації, а також їх **достовірності**.

Наукове та практичне значення отриманих результатів полягає у встановленні принципово нових ефектів, обумовлених значним квантовим внеском в енергію решітки дослідженого об'єкта. Розроблені методики одержання високоякісних кристалів і реалізації гомогенної нуклеації при фазовому ОЦК-ГЦП переході відкривають експериментаторам нові можливості дослідження особливих станів і фазових перетворень у квантових кристалах.

Матеріали дисертації О.П. Бірченка з **достатньою повнотою висвітлені** в 7 статтях, пройшли добру апробацію, вони доповідалися й обговорювалися на міжнародних конференціях і семінарах з відомими фахівцями в області фізики низьких температур.

Дисертація добре написана і оформлена відповідно стандартів. Але вона **не є вільною від недоліків**:

1. В тексті дисертації відсутні фотографії експериментального обладнання. Це ускладнює сприйняття позитивних особливостей експериментів, проведених автором.

2. На рис.2.4 зображено соленоїд для ЯМР- експерименту. Незрозуміло, як односекційний соленоїд, з пропорціями, що вказані на рисунку, може забезпечити необхідну однорідність, що, як добре відомо, повинна бути вельми високою.

3. В дисертації в ході опису ЯМР-методики не наведені основні рівняння руху саме для системи, що досліджуються. Тому незрозуміло, як особливості цієї системи враховані в формулі (2.2) при знаходженні часів релаксації.

Хочу відзначити, що вказані недоліки не відносяться до положень пункту новизна, і тому, вважаю, **що дисертація може розглядатися як завершений науково-кваліфікаційний труд** з досить вагомими результатами. В дисертації вирішено важливу задачу фізики низьких температур: експериментально виявлено особливості метастабільних фаз і встановлено їх кінетичні

характеристики у слабкому твердому розчині ^3He в ^4He при низьких температурах.

Вважаю, що за актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, рівнем і кількістю наукових публікацій, новизною та практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота О.П. Бірченка «Особливості кінетики метастабільних фаз у слабкому твердому розчині ^3He в ^4He » задовольняє всім вимогам, які ставляться МОН України до кандидатських дисертацій, зокрема пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» а автор роботи, Бірченко Олександр Петрович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата 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 чл.-кор. НАН України, д.ф.-м.н., професора,
завідувача відділу радіоспектроскопії
Інституту радіофізики та електроніки
ім. О.Я. Усикова НАН України С.І. Тарапова засвідчую:

Вчений секретар

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




І.Є. Почаніна