

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Вдовиченка Георгія Олександровича

«Низькотемпературна теплопровідність молекулярних кристалів сформованих з простих циклічних та глобулярних молекул в станах орієнтаційного безладу»,
що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.09 – фізика низьких температур

Актуальність та практичне значення роботи

У сучасній техніці використовується дуже широкий спектр конструкційних та функціональних матеріалів, що потребує на всебічне знання фізичних властивостей цих матеріалів. Зокрема, дуже важливими є дослідження транспорту тепла, який залежить як від природи носіїв тепла, так і від механізмів розсіювання цих носіїв. Зараз великий науковий та практичний інтерес викликають речовини, що побудовані зі складних багатоатомних молекул з додатковими, порівняно з одноатомними молекулами, ступенями свободи. З цими додатковими ступенями свободи пов'язані як додаткові механізми розсіювання носіїв тепла, так і в окремих випадках – нові канали переносу тепла. Експериментальне дослідження теплопровідності таких речовин особливо при низьких температурах дає змогу побудувати нові теорії транспорту тепла, або перевірити чи вдосконалити вже розроблені.

Низькотемпературна теплопровідність орієнтаційно розупорядкованих систем, що демонструє особливості, притаманні як впорядкованим, так і аморфним системам, дає важливу інформацію про трансляційно-орієнтаційну взаємодію молекул та сприяє розробці моделей переносу тепла у кристалах з безладом. Такі моделі, особливо стосовно нових, мало вивчених матеріалів, є основою для прогнозування експлуатаційних характеристик перспективних матеріалів нової техніки, а також можуть бути використаними безпосередньо при конструкційних розрахунках.

Дисертаційна робота виконана у відділі теплових властивостей молекулярних кристалів Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б. І. Веркина НАН України відповідно до відомчих тематичних програм: «Молекулярні тверді тіла та наноструктури при низьких температурах» (ДР № 0107U000941), «Елементарні збудження та фазові стани простих молекулярних твердих тіл і наноструктур» (ДР № 0112U002639), а також в рамках комплексного наукового проекту “Квантові явища в наносистемах та наноматеріалах при низьких температурах” (ДР № 0112U003554).

Все наведене вище свідчить, що задача, яка була поставленою та вирішеною автором, спрямована на систематичне експериментальне дослідження низькотемпературної

теплопровідності склоподібних кристалів у нерівноважних орієнтаційно розупорядкованих станах та орієнтаційно впорядкованих фаз в залежності від температури, є **актуальною** та практично корисною.

Відповідність обраній спеціальності.

Дослідження теплопровідності дає найбільшу інформацію саме при низьких температурах, де для кристалів існує максимум теплопровідності, а для аморфного стану є характерним «плато» теплопровідності. Експериментальна техніка, яка застосовувалася в дисертаційних дослідженнях, включаючи кріостат, систему вимірювання температури, вимірювальну комірку, є характерною саме для низьких температур. Таким чином характер досліджень, методики та прилади, що використовувалися, свідчать про те, що дисертація повністю відповідає спеціальності 01.04.09 – фізика низьких температур.

Оцінка обґрунтованості наукових положень дисертації, їх достовірності й новизни

Для досягнення мети, що була поставленою, автор виконав експериментальне дослідження температурної залежності теплопровідності циклогексену в нерівноважних орієнтаційно неупорядкованих станах та повністю орієнтаційно впорядкованій фазі кристалу; склоподібного кристалу тіофену в метастабільній та стабільній послідовностях поліморфних фаз; кристалів галогенометанів в залежності від безладу в розташуванні атомів бром, що заміщають атоми хлору; склоподібного кристалу галогеностану (фреону) R-113.

Метод плоского стаціонарного теплового потоку для вимірювання коефіцієнта теплопровідності молекулярних твердих тіл при низьких температурах, реалізований у дисертації Г.О. Вдовиченка, є фізично обґрунтованим та вельми чутливим. Вимірювальна комірка дозволяє монтувати зразки як при кімнатній, так і при азотній температурі з можливістю як екстремально швидкого, так і повільного контрольованого охолодження зразка для забезпечення станів, що були потрібними для запланованих досліджень.

Конструкція установки, вимірювальна апаратура високого класу точності, використані термометричні датчики та ефективні методики забезпечили надійність та достовірність експериментальних даних дисертації.

Отримані експериментальні результати узгоджуються між собою та з експериментальними даними інших авторів.

Найбільш важливі результати отримані вперше:

– експериментально отримано температурну залежність теплопровідності кристалів тіофену та циклогексану в твердих станах з орієнтаційним безладом та показано, що у стані анізотропного орієнтаційного скла їх теплопровідність визначається процесами фонон-фононної взаємодії та розсіювання фононів на дислокаціях, причому для тіофену в ряду поліморфних розупорядкованих станів з динамічним орієнтаційним безладом теплопровідність не залежить

від температури, що свідчить про сильне розсіювання фононів обертальними збудженнями в цих станах.

- виявлено високотемпературний мінімум на температурній залежності теплопровідності фреону R-113 в стані ізотропного орієнтаційного скла з конформаційним безладом; цей мінімум можна пов'язати з появою при підвищенні температури додаткових ступенів свободи, котрі вносять свій внесок у теплопровідність.

- отримано температурну залежність теплопровідності ряду молекулярних кристалів хлоробромометанів та виявлено, що безлад у розташуванні атомів бром, які заміщують атоми хлору, призводить до значного зниження фононної теплопровідності внаслідок релеївського розсіюванням фононів на орієнтаційних дефектах та дефектах маси.

- показано, що низькотемпературна теплопровідність широкого класу молекулярних полікристалів визначається, головним чином, розсіюванням фононів на дворівневих тунельних станах.

Аналіз експериментальних даних щодо теплопровідності молекулярних кристалів в орієнтаційно розупорядкованих станах проводився на основі добре відомих класичних моделей Дебая-Пайерлса та мінімальної теплопровідності.

Ці моделі ретельно проаналізовані у Розділі 1, що свідчить про впевнене володіння автором предметом дослідження. Вважаю, що теоретичні моделі та методи обробки експериментальних даних, за допомогою яких автором сформульовані наукові положення, висновки та рекомендації повністю **коректні та обґрунтовані**.

Таким чином можна стверджувати, що результати дисертації є **достовірними й новими**, а наукові положення та висновки дисертаційної роботи є цілком логічними і обґрунтованими.

Наукова і практична цінність результатів, одержаних в дисертації полягає в тому, що отримані експериментальні результати значно розширюють існуючі уявлення про перенос тепла та розсіювання його носіїв в молекулярних кристалах сформованих простими циклічними та глобулярними молекулами в станах орієнтаційного безладу. Отримані в роботі експериментальні дані становлять інтерес не тільки з точки зору фізики неупорядкованих систем, але є важливими й для фізики твердого тіла у цілому. Значення одержаних результатів полягає також у тому, що знайдені особливості низькотемпературної теплопровідності кристалів з орієнтаційним безладом є наслідком у першу чергу ступеня впорядкування молекул у зразку та складного (коливального та обертального) руху несферичних молекул. Отримані результати носять фундаментальний характер і можуть бути віднесеними до сучасної фізики молекулярних кристалів. Ці дані можуть бути використані при розробці теорії, яка б зв'язала структуру речовини з її властивостями, а також для прогнозування теплових властивостей нових функціональних матеріалів.

Інформація про механізми теплопереносу у частково розупорядкованих системах є корисною при розробці нових форм фармацевтичних матеріалів, елементів чи речовин, які використовуються в термоелектричних системах, акумуляторів холоду, теплоізолюючих матеріалів. Апроксимація експериментальних даних в рамках сучасної теорії фононої теплопровідності, дає змогу прогнозувати теплопровідність вказаних систем у твердому стані.

Результати дисертації становлять інтерес для наукових установ України та за кордоном, які займаються дослідженнями неупорядкованих систем при низьких температурах.

Повнота висвітлення результатів дисертації в роботах здобувача.

Основні результати дисертаційної роботи достатньо повно викладені у 7 статтях у спеціалізованих наукових журналах – 4 у авторитетних міжнародних журналах (Journal of Non-Crystalline Solids, Physica B: Condensed Matter, Journal of Physical Chemistry B, Journal of Chemical Physics), та 3 – у провідних вітчизняних журналах (Фізика низьких температур та Український фізичний журнал), а також доповідались та обговорювались на 8 вітчизняних та міжнародних наукових конференціях з опублікуванням відповідних тез доповідей. Дисертація написана чіткою, ясною мовою та належним чином оформлена. Зміст автореферату є ідентичним основним положенням дисертації та повністю відображає зміст дисертації.

До змісту дисертації та її оформлення є такі зауваження:

1. В роботі нема структурних досліджень зразків – стан зразка визначається термічною обробкою відповідно до літературних даних.

2. В роботі є певне число громіздких чи невдалих виразів:

стор. 48 ...«плоский стационарный метод» – краще: метод стаціонарного одновісного теплового потоку.

стор 48: «Стационарные методы дают возможность снизить влияние теплового контактного сопротивления между образцом, нагревателем и термометрами ... Это является недостатком по сравнению с другими методами»... – стаціонарні методи дають змогу визначити теплопровідність, а нестаціонарні – температуропровідність.

стор 59: ...«была измерена при равновесном давлении упругости пара» – слово «упругости» зайве

стор 61: «Присутствие дополнительных возбуждений вносит вклад и в температурную зависимость теплоемкости, усиливая рассеяние акустических фононов» – ймовірно, теплопровідності.

3. В роботі є певне число технічних недоліків:

стор 73: Рис. 3.2 – на графіку стоїть *R-112*, у підпису – *R-113*.

стор 108: Рис. 4.3 – незрозумілі символи, текст підпису обрізаний справа.

Зроблені зауваження не змінюють високу оцінку роботи і не стосуються сутності

проведених досліджень та зроблених висновків.

Мету дисертаційної роботи Вдовиченка Г.О. – експериментальне встановлення особливостей теплопровідності при низьких температурах кристалів простих циклічних молекул в станах конформаційного та орієнтаційного безладу та виявлення впливу на теплопровідність структурного безладу у розташуванні домішкових атомів в кристалах з глобулярними молекулами – можна вважати досягнутою в межах поставлених задач, а дисертація являє собою завершену наукову працю.

Виходячи з усього викладеного вище, вважаю, що за актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, рівнем наукових публікацій, новизною та практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота Вдовиченка Георгія Олександровича «Низькотемпературна теплопровідність молекулярних кристалів сформованих з простих циклічних та глобулярних молекул в станах орієнтаційного безладу» задовольняє всім вимогам МОН України, зокрема пунктам 9, 11, 12 Порядку присудження наукових ступенів, її автор, Вдовиченко Георгій Олександрович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.09 – «фізика низьких температур».

Офіційний опонент,
кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна

Г.Я. Хаджай

Підпис к. ф.-м.н., с.н.с. Г.Я.Хаджая засвідчую.

Вчений секретар Харківського
національного університету
імені В.Н. Каразіна



Н.А. Вінникова