

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Вдовиченка Георгія Олександровича

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

Останнім часом в галузі фізики низьких температур стрімко зрос інтерес до дослідження кристалічних речовин з властивостями стекол. Склоподібні молекулярні кристали відносяться до групи кристалічних фаз з частковим упорядкуванням, що називаються мезофазами. На теперішній час мезофази, орієнтаційні стекла та інші кристали з безладом викликають як підвищений практичний інтерес, так і науковий інтерес, що зумовлений можливістю отримання якісно нової інформації про механізми розсіяння елементарних збуджень і механізми переносу тепла в сильно розупорядкованих системах при низьких температурах.

Дисертацію Г.О. Вдовиченка присвячено експериментальному дослідження низькотемпературної теплопровідності кристалів простих циклічних молекул в станах конформаційного та орієнтаційного безладу та виявленню впливу на теплопровідність структурного безладу у розташуванні домішкових атомів в кристалах з глобулярними молекулами. В роботі досліджено низькотемпературну теплопровідність циклогексену в нерівноважних орієнтаційно невпорядкованих станах та повністю орієнтаційно впорядкованій фазі кристалу в залежності від температури; теплопровідність склоподібного кристалу тіофену в метастабільній та стабільній послідовностях поліморфних фаз в залежності від температури; досліджено температурну залежність теплопровідності кристалів галогенометанів в залежності від безладу по розташуванню заміщених атомів хлору атомами брому, а також експериментально встановлено теплопровідність склоподібного кристалу галогеноетану (фреону) R-113 в залежності від температури.

Актуальність теми дисертації обумовлена тим, що молекулярні кристали є зручними об'єктами для експериментальної перевірки теплофізичних моделей і нових підходів, необхідних для створення функціональних матеріалів із заданою теплопровідністю. Крім того, дослідження властивостей анізотропних орієнтаційно розупорядкованих систем при низьких температурах може дати інформацію про трансляційно-орієнтаційну взаємодію молекул і може сприяти

теоретичному опису процесів переносу тепла у кристалах з безладом. Слід також зазначити, що на даний час існує велика кількість невирішених проблем у фізиці розупорядкованих систем. Отримані дані про процеси теплопереносу при низьких температурах в кристалічних системах з різним типом орієнтаційного безладя, сформованих з однакових молекул, можуть бути використані для розробки теорії, яка б зв'язала структуру речовини з її властивостями, а також прогнозувала теплові властивості функціональних матеріалів. Данні про механізми теплопереносу у частково розупорядкованих системах є корисними при розробці нових форм фармацевтичних матеріалів, а також елементів чи речовин, які використовуються в термоелектричних системах.

Низка питань, які розглянуті в дисертації Вдовиченка Г.О., носить досить загальний характер, і знання, здобуті при виконанні роботи, мають велике значення також для розуміння аналогічних процесів в інших фізичних системах.

Експерименти, які становлять основний зміст дисертації, проведено у відділі теплових властивостей молекулярних кристалів Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б. І. Вєркіна НАН України **у відповідності з відомчими тематиками:** «Молекулярні тверді тіла та наноструктури при низьких температурах» (номер державної реєстрації 0107U000941, термін виконання 2007–2011 pp.), «Елементарні збудження та фазові стани простих молекулярних твердих тіл і наноструктур» (номер державної реєстрації 0112U002639, термін виконання 2012–2016 pp.), а також в рамках комплексного наукового проекту “Квантові явища в наносистемах та наноматеріалах при низьких температурах” в межах програми наукових проектів загального конкурсу НАН України и Російського фонду фундаментальних досліджень «Метастабільні стани простих конденсованих систем» (номер державної реєстрації 0112U003554, термін виконання 2012–2013 pp.). Це засвідчує, що має місце зв'язок дисертаційної роботи Вдовиченка Г.О. з науковими програмами, планами та темами.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів основного тексту з малюнками та висновків. В **першому** розділі наведено літературні дані про теплопровідність кристалічних молекулярних кристалів, після чого проведено аналіз літературних даних стосовно структури та низькотемпературних теплових властивостей твердих циклогексену, тіофену, галогенометанів, фреонів R-113 і R-112 та трет-бутанолу. Наприкінці першого розділу зроблено короткі висновки та сформульовано постановку задачі даної роботи. В **другому** розділі описано методи дослідження теплопровідності. В даній роботі було використано плаский стаціонарний метод лінійного теплового потоку. Унікальне устаткування дозволяло готовувати зразки різноманітних впорядкованих та розупорядкованих фаз

дослідженіх молекулярних систем при різних швидкостях охолодження та проводити виміри коефіцієнту теплопровідності в широкому інтервалі температур від 2 К до 180 К.

У третьому розділі наведено оригінальні результати експериментів, зокрема дані про теплопровідність фреону R-113, анізотропного орієнтаційного скла та орієнтаційно неспіврозмірного кристалу тіофену, теплопровідності твердого циклогексену в анізотропних орієнтаційно розупорядкованих станах I-Ig, змішаних станах III-IIIg та впорядкованого кристалу II.

В останньому, четвертому, розділі дисертації наведені експериментальні дані про залежності теплопровідності хлоробромометанів CBr_nCl_{4-n} (де $n = 0,1,2$), а також виявлено універсальна поведінка температурної залежності коефіцієнту теплопровідності в області низьких температур для всіх досліджених речовин і знайдена залежність величини дифузного вкладу від кількості молекул в елементарній комірці.

Кожний розділ закінчується короткими висновками, які базуються на отриманих результатах. Список використаних джерел досить повно відображає інформаційний фундамент, на якому дисертант побудував свою роботу.

До найбільш яскравих результатів роботи треба віднести наступні:

1. Виявлено, що в орієнтаційному склі з частковим упорядкуванням і в повністю впорядкованій фазі твердого циклогексену залежність теплопровідності від температури має кристалоподібну поведінку з добре окресленим максимумом теплопровідності.
2. Встановлено, що теплопровідність орієнтаційних стекол тіофену та циклогексену не має характерних для стекол аномалій і при температурах вище максимуму теплопровідності апроксимується залежністю $\kappa(T) = A/T + B$, а в станах, що характеризуються динамічним безладом, теплопровідність не залежить від температури.
3. Виявлено ефект впливу безладу заміщень розташування атомів хлору атомами брому в молекулах хлорометанів CBr_nCl_{4-n} , де $n = 0, 1, 2$, на поведінку залежності теплопровідності від температури. Заміщення атомів хлору бромом, з одного боку, призводить до зниження теплопровідності в області низьких температур, а з іншого, призводить до підвищення теплопровідності в області температур, де реалізується процес термоактивованих орієнтаційних перескоків і звільняються внутрішньо-молекулярні ступені свободи.
4. Виявлено універсальну поведінку кривих температурної залежності теплопровідності ряду орієнтаційних стекол при низьких температурах за

законом $\kappa(T) \sim T^2$. Показано, що всі отримані залежності за своєю величиною лежать в межах, які є характерними для аморфних речовин.

Оскільки кожен пункт наведеного списку містить принципові результати, отримані вперше, весь список є доказом новизни результатів дисертації.

Всі результати дисертації було повно і своєчасно викладено в 7 статтях у провідних наукових фахових журналах, як вітчизняних, так і зарубіжних, з високим індексом цитування. Основні результати роботи добре відомі міжнародній та вітчизняній науковій громадськості, оскільки вони пройшли апробацію на великій кількості фахових наукових конференцій в Україні і за кордоном, а тези доповідей було опубліковано у відповідних збірниках.

Враховуючи вищесказане і беручи до уваги надійність і сучасний рівень експериментальної бази, а також сучасний методологічний рівень роботи (створення зразків, вимірювання тепlopровідності, збір і обробка первинних даних), можна з упевненістю стверджувати, що **отримані автором результати є достовірними і достатньо обґрунтованими**.

Слід відзначити високий експериментальний рівень роботи. Дисертант в повному обсязі оволодів методикою приготування зразків молекулярних кристалів з орієнтаційним безладом шляхом керування швидкості охолодження та освоїв складну техніку низькотемпературного фізичного експерименту. Таким чином, дисертація Г.О. Вдовиченка **повністю відповідає спеціальності 01.04.09 – фізики низьких температур**.

Дисертація написана чіткою, ясною мовою та належним чином оформлена. Текст автореферату повністю відображає зміст дисертації.

До змісту дисертації та її оформлення є такі зауваження:

1. В роботі нема структурних досліджень “in situ”, які б підтвердили кристалічну структуру вивчених зразків.
2. Приведено дані про тепlopровідність хлоробромометанів CCl_3Br та CCl_2Br_2 , але не представлено доказу того, що наведені зразки під час вимірювання знаходились в орієнтаційно-розупорядкованому стані.
3. При написанні тексту авторові не вдалося уникнути прикрих описок, зокрема невірних посилань.

Наведені зауваження не змінюють загальну високу оцінку роботи і не торкаються сутності проведених досліджень.

Дисертація Г.О. Вдовиченка є завершеною науковою працею, в якій вирішено важливу задачу в фізиці низьких температур, а саме: експериментально встановлено особливості теплопровідності кристалів простих циклічних молекул в станах конформаційного та орієнтаційного безладу при низьких температурах та виявлено вплив на теплопровідність структурного безладу у розташуванні домішкових атомів в кристалах з глобулярними молекулами. За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, новизною та практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота Г.О. Вдовиченка «Низькотемпературна теплопровідність молекулярних кристалів сформованих з простих циклічних та глобулярних молекул в станах орієнтаційного безладу» задовільняє всім вимогам, які ставляться до кандидатських дисертацій МОН України, зокрема пунктам 9, 11 та 12 Порядку присудження наукових ступенів.

Виходячи з усього викладеного вище, вважаю, що Вдовиченко Георгій Олександрович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.09 – фізики низьких температур.

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

В. О. Ямпольський

Підпис чл.-кор. НАН України, д.ф.-м.н., професора, завідувача відділу теоретичної фізики Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України В.О. Ямпольского засвідчує.

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



I. Є. Почаніна