

ВІДГУК

на дисертаційну роботу

Хлистюк Марії Валентинівни

«Особливості сорбційних властивостей та теплового розширення низьковимірних наноструктур»,

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

Створення новітніх наноструктур – низьковимірних алотропних форм вуглецю, пористих стекел та силікатів, електропровідних монокристалів, що мають перспективи використання у широкому спектрі галузей промисловості, електроніки, медицини та науки, обумовлює великий інтерес до вивчення їх властивостей. З іншого боку, потреба у вивченні фізичних властивостей таких наноматеріалів викликає істотний інтерес для науковців. Тож **актуальність** теми та досліджень цієї дисертаційної роботи є безперечною та очевидною.

Дисертаційна робота М.В. Хлистюк присвячена експериментальному вивченню впливу дефектів структури на теплове розширення, сорбційні властивості і кінетику насичення атомарними і молекулярними домішками низьковимірних наноструктур, а також встановленню ролі квантових ефектів у цих явищах.

Слід відзначити, що експериментальну роботу по вивченню сорбційних властивостей та теплового розширення наноструктур проведено у відділі теплових властивостей молекулярних кристалів Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України у відповідності з відомчою тематикою «Елементарні збудження і фазові стани простих молекулярних твердих тіл і наноструктур» (номер державної реєстрації 0112U002639, термін виконання 2012–2016 рр.), а також були підтримані в рамках наукових проєктів: «Квантові явища в наносистемах і наноматеріалах при низьких температурах» в рамках наукової програми НАН України «Фундаментальні проблеми наноструктурних систем, наноматеріалів, нанотехнологій» (номер державної реєстрації 0110U00685, термін виконання 2010–2014 рр.) та «Квантові та розмірні ефекти в сорбційних властивостях і електропровідності оксида графена» (номер державної реєстрації 0113U005495, термін виконання 2013–2014 рр.), «Термодинамічні властивості наноструктурованих систем, композитів, молекулярних твердих тіл в екстремальних умовах низьких температур» (номер державної реєстрації 0117U002290, термін виконання 2017–2021 рр.), що підтверджує доречність, достовірність та високий рівень роботи.

Відповідність досліджень дисертаційної роботи М.В. Хлистюк спеціальності 01.04.09 — "фізика низьких температур" не викликає сумнівів, оскільки предметом дослідження є, в першу чергу, квантові ефекти в тепловому розширенні і кінетиці сорбції домішок низьковимірними наноструктурами, які яскраво виявляються лише за умов низьких температур.

Розв'язання задач дисертаційної роботи було можливо завдяки використанню оригінальних методик вимірювання теплового розширення та сорбційних властивостей речовин при низьких температурах. Експериментальні дані, наведені в роботі, були отримані завдяки використанню надійних високоточних установок і методик. Результати роботи добре узгоджуються між собою та з відповідними теоретичними та експериментальними даними інших авторів. Висновки дисертаційної роботи не суперечать наявним результатам наукових досліджень і є цілком логічними і обґрунтованими. Автор використовує добре апробовані та надійні експериментальні методики, які перевірялися калібровочними вимірами. Достовірність результатів дисертації підтверджується також відтворюваністю отриманих даних для різних серій експериментів.

Результати дисертаційної роботи є корисними з точки зору можливості їх практичного використання. Дійсно, інформація про теплове розширення є важливою при створенні конструкційних матеріалів, що функціонують в умовах різких перепадів температур, наприклад, для обшивки космічних апаратів, а отримана інформація про фазові перетворення може дозволити просунутися у вирішенні проблеми надпровідності при відносно високих температурах. Відомо, що водень є одним з найекологічніших та перспективних джерел палива. Інформація щодо сорбційної здатності корисна, зокрема, для вирішення проблеми зберігання водню у широкому інтервалі температур та тисків. Вважаю доцільним підкреслити найбільш суттєві результати, що визначають актуальність, **наукову та прикладну значимість роботи:**

1. Показано, що сорбційна ємність оксиду графена суттєво залежить від термічної обробки. Встановлено, що термічна обробка дозволяє підвищити сорбційну ємність оксиду графена в десятки разів завдяки видаленню інтеркальованої води і кисневмісних груп, руйнуванню шаруватої структури і утворенню множинних дефектів у графеновому матеріалі.
2. Вперше виявлено максимум температурної залежності коефіцієнта теплового розширення кремнієвого аерогелю, який зумовлений конкуренцією двох механізмів (позитивним внеском ангармонізму низькочастотних коливань кремнійоксидних кластерів, з яких складається аерогель, і від'ємним внеском поперечних коливань кремнійоксидних ланцюжків, з яких складаються кластери аерогелю).
3. Вперше встановлено, що при низьких температурах спостерігається відсутність температурної залежності коефіцієнтів дифузії гелію та водню в порожнини мезопористої кремнійоксидної матриці, що зумовлено тунельним характером руху ^4He і H_2 , а при температурі нижче 2 К характер дифузії ^4He в пори матриці свідчить про наявність в них квантової гелієвої рідини.
4. Показано, що піки у низькотемпературній залежності коефіцієнту теплового розширення квазідвовимірних органічних солей $k\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]\text{Cl}$ та $k\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]\text{Br}$ відповідають фазовому переходу цих монокристалів у орієнтаційно-впорядкований стан в інтервалі

температур 74-80 К. Виявлено, що у кристалі $k\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]\text{Cl}$ квантові кореляції у електронній підсистемі приводять до особливостей в температурній залежності коефіцієнту теплового розширення при температурі близькій до 28 К. Встановлено, що у другому кристалі перехід у надпровідний стан супроводжується від'ємним тепловим розширенням.

Перелічені основні результати є новими, вперше отриманими в роботах автора. Всі результати дисертації було докладно і своєчасно викладено в 7 публікаціях у провідних наукових реферованих журналах за фахом, як вітчизняних, так і міжнародних. Основні результати роботи добре відомі науковій спільноті, оскільки вони пройшли **апробацію** на великій кількості профільних наукових конференцій в Україні і за кордоном, тези доповідей було опубліковано у відповідних збірниках. Враховуючи вищесказане і беручи до уваги надійність та сучасний рівень експериментальної бази, а також і сучасний методологічний рівень роботи, можна з упевненістю стверджувати, що отримані автором результати є **достовірними та обґрунтованими**.

Результати проведених досліджень можуть бути використані в наукових установах, де ведуться теоретичні та експериментальні дослідження низьковимірних систем, а саме: в Інституті фізики НАН України (м. Київ), Київському національному університеті імені Тараса Шевченка, (м. Київ); Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут" імені І. Сікорського (м. Київ), Інституті теоретичної фізики імені М.М. Боголюбова (м. Київ), Харківському національному університеті ім. В.Н. Каразіна (м. Харків), Фізико-технічному інституті низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України (м. Харків), Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків), Національному науковому центрі «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України (м. Харків), Інституті радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України (м. Харків).

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

До змісту дисертації та її оформлення є такі **зауваження**:

1. У розділах 3.2 та 4.1 автор висловлює припущення про перехід сорбованого наноструктурами гелію у стан квантової рідини. Доцільно було б порівняти температуру, при якій відбувається цей перехід, зі значеннями, що отримані незалежним способом за допомогою інших експериментальних методів.
2. У розділі 2.1 доцільно було б навести похибку та чутливість методики десорбційного експерименту.
3. На жаль, у тексті зустрічалися деякі неістотні граматичні описки.

Однак зазначені зауваження не носять принципового характеру і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Загальна оцінка дисертаційної роботи. Дисертація є завершеною науковою працею, що містить нові експериментальні результати у фізиці низьких температур. В роботі М.В. Хлистюк вирішена важлива задача, а саме: експериментально виявлено внесок квантових ефектів у теплове розширення органічних солей та встановлено вплив неоднорідності на сорбційні властивості вуглецевих та кремнійових наноструктур та кінетику їх насичення атомарними і молекулярними домішками.

Вважаю, що за актуальністю теми, об'ємом виконаних досліджень, рівнем і кількістю отриманих наукових результатів, їх новизною та практичним значенням, достовірністю та обґрунтованістю висновків, дисертаційна робота «Особливості сорбційних властивостей та теплового розширення низьковимірних наноструктур» відповідає всім вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, зокрема пунктам 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор, Хлистюк Марія Валентинівна, заслуговує присудження 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 теоретичної фізики
Інституту радіофізики та електроніки
ім. О.Я. Усикова НАН України,

Ямпольський В.О.

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. Ямпольського засвідчую.

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

