

## ВІДЗІВ

офіційного опонента на дисертаційну роботу

КУРНОСОВА Микити Володимировича

«Вплив біоорганічних молекул та біополімерів на спектральні властивості  
одностінних вуглецевих нанотрубок»,

поданої на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук  
зі спеціальності 01.04.14 – теплофізика та молекулярна фізика

Бурхливий розвиток нанотехнологій в останні роки призвів до появи нових наноматеріалів, властивості яких відкривають величезні можливості для прикладного застосування результатів фундаментальних досліджень. У цьому аспекті особливу увагу привертають вуглецеві нанотрубки. Інтерес до цих наноструктур обумовлений їх унікальними фізичними, хімічними та оптичними характеристиками, що створює основу для широкого використання вуглецевих нанотрубок в електроніці, оптиці, біології, медицині, тощо. Окрім цього, висока механічна стабільність, електропровідність, термічна та хімічна стійкість, можливість приєднання біомолекул роблять вуглецеві нанотрубки перспективним матеріалом при дизайні різноманітних біосенсорів. У зв'язку з цим, **актуальність** дисертаційної роботи Курносова М.В. не викликає сумніву. Додатковим аргументом на користь цього є зв'язок дисертаційного дослідження Курносова М.В. з державною науковою програмою у рамках дербюджетних тем «Нанобіоструктури вуглецевих нанотрубок, оксиду графену з біомолекулами: створення, дослідження фізичних властивостей та можливості їх практичного застосування» (номер держреєстрації 0117U002287), «Боіфізичні властивості складних нанобіоструктур, сформованих вуглецевими нанотрубками, біополімерами та біоактивними лігандами» (номер держреєстрації 0114U001070).

Робота складається з чотирьох розділів. У **вступі** обгрунтовано актуальність обраної теми та доцільність вирішення поставлених завдань.

**Перший розділ** присвячено огляду сучасних уявлень про структуру та властивості одностінних вуглецевих нанотрубок (ОВНТ), описано можливі дефекти ОВНТ та їх вплив на електронну структуру вуглецевих наноструктур. Повно розглянуто інформативність таких аналітичних інструментів як люмінесцентна та раманівська спектроскопія при дослідженні ОВНТ. Окрім цього, детально обговорено молекулярні механізми взаємодії нанотрубок із біоорганічними молекулами та біополімерами. На основі проведеного аналізу літературних даних сформульовано задачі дисертаційного дослідження.



У **другому розділі** висвітлені основні методи та об'єкти роботи. Описано методики приготування зразків ОВНТ. Наведено детальну характеристику двох основних способів диспергування джгутів вуглецевих нанотрубок. Обговорено спектральні методи дослідження нанотрубок, наведено принципові схеми використаних установок.

У **третьому розділі** викладені результати дослідження спектральних властивостей ОВНТ у водних суспензіях з адсорбованою одонитковою ДНК при асоціації з амінокислотами. Окрему увагу приділено амінокислоті цистеїн. Виявлена у ході роботи селективність ОВНТ до цієї амінокислоти дозволила вперше запропонувати гіпотезу стосовно можливості використання напівпровідникових ОВНТ для детекції цистеїну. Визначено чинники, які впливають на біополімерне покриття вуглецевих нанотрубок та кількість дефектів, що гасять люмінесценцію ОВНТ.

**Четвертий розділ** описує вплив полімерного оточення на спектральні властивості нанотрубок. На основі узагальнення великої кількості даних, отриманих у рамках даного підрозділу, дисертантом зроблено припущення, що час ультразвукової обробки ОВНТ при їх диспергуванні впливає на результуючу конформацію ДНК, сорбованої на вуглецевих нанотрубках. З використанням атомно-силової мікроскопії детально охарактеризовано адсорбцію різних полімерів (двониткова ДНК, одониткова ДНК, поліЦ) на одностінні вуглецеві наноструктури. Особливий інтерес викликають результати дослідження спектральних властивостей плівок ОВНТ. Зокрема, показано, що спостережувані відмінності у спектральній поведінці плівок ОВНТ у порівнянні із відповідними суспензіями можуть бути викликані взаємним наближенням ОВНТ у плівках, трансформацією полімерного покриття сусідніх ОВНТ та відсутністю «динамічної» нейтралізації дефектів ОВНТ у плівках.

Характеризуючи роботу в цілому, необхідно відзначити, що дисертація написана ясною мовою, добре проілюстрована та не містить плагіату. Кожний розділ закінчується чіткими висновками, які акцентують увагу на найбільш суттєвих результатах. Основні результати є **новими** та вперше отримані автором дисертації. Безсумнівну наукову **новизну** роботи підтверджує також опублікування основних результатів роботи у 7 статтях у міжнародних та вітчизняних журналах з високим рейтингом, а також **апробація** на 9 конференціях. Усі наукові положення, висновки та гіпотези, сформульовані у дисертації, є добре **обґрунтованими** та **достовірними**. Автореферат вірно відображає основний зміст дисертації.

Разом із тим, при загальній позитивній оцінці, робота не позбавлена деяких **недоліків**. Зокрема:



1. У роботі досліджувалися вуглецеві нанотрубки різної хіральності, але не зовсім зрозуміло, чим саме обумовлений вибір індексів хіральності ОВНТ, що були використані при аналізі.
2. На рис. 3.1 наведено спектри люмінесценції нанотрубок при різному вмісті цистеїну. Чим можна пояснити нелінійну залежність змін інтенсивності люмінесценції від концентрації амінокислоти? Так, наприклад, зростання концентрації цистеїну з  $10^{-7}$  до  $10^{-4}$  М супроводжується збільшенням інтенсивності ОВНТ, схожим візуально по величині на збільшення інтенсивності при зміні концентрації амінокислоти з  $10^{-4}$  до  $10^{-3}$  М.
3. Чи враховувався можливий внесок спектрального відгуку цистеїну, поліЦ, холату у загальний спектр люмінесценції ОВНТ?
4. Відносні похибки у  $\pm 3-5\%$  згадуються лише при обговоренні рис. 4.7. Для інших даних похибка мала ту ж саму величину?
5. На деяких рисунках відсутні числові значення шкали ординат (наприклад, рис. 3.1, 3.4, 3.9 та ін.), тому не зовсім зрозуміло, наскільки значні спостережувані ефекти.
6. На мій погляд, загальні висновки дисертаційного дослідження мають бути більш інформативними та детальними, а у розділі «Наукова новизна» принаймні декілька пунктів мають починатися словами «Вперше...»
7. У роботі зустрічаються технічні та граматичні помилки, неточності, невдало сформульовані фрази та ін.

Проте, ці зауваження ніяк не впливають на загальну високу позитивну оцінку роботи. Дисертація Курносова М.В. «Вплив біоорганічних молекул та біополімерів на спектральні властивості одностінних вуглецевих нанотрубок» є завершеною науковою працею, в якій зроблено вагомий внесок у вирішення однієї з найважливіших проблем молекулярної фізики, пов'язаної зі з'ясуванням механізмів впливу біоорганічних молекул та біополімерів на оптичні характеристики вуглецевих наноструктур.

За обсягом проведених досліджень, якістю, актуальністю, новизною і достовірністю отриманих результатів та повнотою їх викладення, дисертація Курносова Микити Володимировича «Вплив біоорганічних молекул та біополімерів на спектральні властивості одностінних вуглецевих нанотрубок» повністю відповідає вимогам Порядку присудження наукових ступенів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р., а її автор – Курносов Микита Володимирович – заслуговує на присудження

наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук зі спеціальності  
01.04.14 – теплофізика та молекулярна фізика.

Офіційний опонент:

Професор кафедри ядерної та медичної фізики

Харківського національного університету

імені В.Н. Каразіна, доктор фіз.-мат. наук, доцент

В.М. Трусова

Підпис В.М. Трусової засвідчую

Учений секретар Харківського національного

університету імені В.Н. Каразіна

Н.А. Вінникова

