

**Рішення спеціалізованої вченої ради PhD 13239
про присудження ступеня доктора філософії**

Здобувач ступеня доктора філософії Юрій Луцюк, 1988 року народження, громадянин України. Освіта вища. У 2010 році закінчив Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича та отримав диплом магістра за спеціальністю «Соціальна інформатика». Працює викладачем вищої категорії циклової комісії комп'ютерних наук та інформаційних технологій у ВСП «Фаховий коледж ЧНУ» імені Ю. Федьковича з 2012 року. За сумісництвом – асистент кафедри математичного моделювання Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Виконав акредитовану освітньо-наукову програму ID 38608 «Фізика та астрономія».

Разова спеціалізована вчена рада PhD 13239 Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, утворена наказом ректора Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича Міністерства освіти і науки України, м. Чернівці від 27 "квітня" 2026 року №148, у складі:

Голови спеціалізованої вченої ради – Олександра Маханця, доктора фізико-математичних наук, професора, професора кафедри термoeлектрики та медичної фізики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича;

Рецензентів - Володимира Головацького, доктора фізико-математичних наук професора, професора кафедри термoeлектрики та медичної фізики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича;

Івана Козярьського, кандидата фізико-математичних наук доцента, доцента кафедри електроніки і енергетики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича;

Офіційних опонентів - Любомира Никируя, кандидата фізико-математичних наук, професора, завідувача кафедри фізики та астрономії фізико-технічного факультету Карпатського національного університету імені Василя Стефаника;

Олексія Новосада - кандидата фізико-математичних наук, доцента, доцента кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій Волинського національного університету імені Лесі Українки

на засіданні "15" червня 2026 року прийняла рішення про присудження Юрію Луцюку ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» на підставі прилюдного захисту дисертації «Вплив просторових обмежень акустичних фонових на термодинамічні та термoeлектричні властивості наноплівки гексагональної структури» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія».

Дисертацію виконано на кафедрі професійної та технологічної освіти і загальної фізики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Науковий керівник – Валерій Крамар доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри професійної та технологічної освіти і загальної фізики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису українською мовою. Дисертація Юрія Луцюка на тему «Вплив просторових обмежень акустичних фонових на термодинамічні та термoeлектричні властивості наноплівки гексагональної структури», що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 104 Фізика та астрономія є самостійним, завершеним дослідженням, має наукову новизну, практичну значущість і відповідає вимогам Наказу

Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами, внесеними згідно з Наказом МОН України від 31.05.2019 р. №579) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами, внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 341 від 21.03.2022 р., №502 від 19.05.2023 р., №507 від 03.03.2024 р.).

Здобувач має 11 наукових публікацій за темою дисертації, з них одну публікацію у виданні включеному до переліку наукових фахових видань України, 2 статті включені до переліку наукових фахових видань України та проіндексованих у наукометричній базі даних Scopus, у співавторстві, 3 статті, опубліковані у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у наукометричній базі даних Scopus, у співавторстві, 5 праць, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Луцук Ю.В. Температурні залежності усереднених групових швидкостей акустичних фононів у плоских наноплівках дийодиду свинцю. *Фізика та освітні технології*. 2024. № 2. С. 40–46.

2. Lutsiuk Yu., Kramar V. Analytical calculation of frequency spectrum and group velocities of acoustic phonons in quasi-two-dimensional nanostructures. *Journal of Nano-and Electronic Physics*. 2020. Vol. 12, No 5. P. 05033 (Scopus).

3. Lutsiuk Yu., Kramar V., Petryk I. Frequency spectrum and group velocities of acoustic phonons in PbI_2 nanofilms. *Physics and Chemistry of Solid State*. 2022. Vol. 23, No 3. P. 478–483. (Scopus).

4. Lutsiuk Yu.V., Kramar V.M., Konstantynovych I.A., Voitsekhivska O.M. Effect of acoustic phonons on thermoelectric properties of lead iodide nanofilms. *Journal of Thermoelectricity*. 2025. No 2. P. 5–16. (Scopus).

5. Lutsiuk Yu., Kramar V., Konstantynovych I. Role of acoustic phonons in the formation of thermophysical properties of PbI_2 nanofilms. *Journal of Thermoelectricity*. 2025. No 3. P. 5–16 (Scopus).

6. Derevyanchuk A., Lutsiuk Yu., Kramar V. An analytical method for investigations of acoustic phonon spectra in semiconductor ultra-thin flat films. *Proceedings of SPIE. Fourteenth International Conference on Correlation Optics*. 2020. Vol. 11369. P. 113691D (Scopus).

У дискусії взяли участь голова, рецензенти, офіційні опоненти:

Голова спеціалізованої вченої ради Олександр Маханець, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри термоелектрики та медичної фізики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Під час дискусії зазначив, що питання щодо практичного застосування отриманих результатів уже було висвітлено здобувачем під час відповіді на запитання рецензента Володимира Головацького, та поставив запитання:

1) З Вашої доповіді випливає, що змінюючи товщини наноплівки можна змінювати їхні властивості: теплопровідність, теплоємність і т.д. Чи відомі Вам приклади такого типу впливу на фізичні властивості наноструктур?

Опонент Любомир Никируй - кандидат фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри фізики та астрономії фізико-технічного факультету Карпатського національного університету імені Василя Стефаника. Зауваження:

1. На мою думку, дисертація перевантажена рисунками, що ілюструють однотипні

результати, отримані для прикладах наноплівки з трьох різних матеріалів – GaN, AlN і PbI₂. Мало би зміст зменшити їх кількість, об'єднавши результати дослідження залежностей одного типу, одержаних на прикладі кожної з використаних моделей наноплівки.

2. Означені у назві теми дисертації властивості досліджувалися з використанням аналітичних функцій, що апроксимують дисперсійні залежності частот і групових швидкостей акустичних фононів у наноплівках, явний вид яких встановлений дисертантом у рамках моделі вільної наноплівки (з нульовим навантаженням на її поверхні). Якщо у випадку наноплівки дийодиду свинцю наведене обґрунтування вибору такої моделі, то для наноплівки GaN і AlN воно відсутнє, хоча правомірність його застосування тут неочевидна.

3. На стор. 82 зазначено: «... із зменшенням товщини наноплівки групові швидкості усіх типів акустичних фононів у ній спадають за нелінійним законом ...», тоді як це суперечить результатам, показаним на рис. 2.38 і 2.34, де залежність $v_n(d)$ явно немонотонна. Це твердження відображено також і у загальних висновках (висновок 3). На мою думку, ця розбіжність потребує додаткового пояснення.

4. У четвертому розділі досліджено коефіцієнт теплопровідності та термоелектричну добротність наноплівки 2H-PbI₂ з урахуванням різних механізмів розсіювання фононів, зокрема Umklapp-процесів та розсіювання на межах. Водночас у роботі практично немає порівняння з експериментальними даними щодо ролі дефектів кристалічної ґратки та домішкових центрів у формуванні механізмів фононного розсіювання і зміні деформаційних мод. Врахування таких факторів могло б зробити запропоновану модель ближчою до реальних низьковимірних систем.

5. З графіків залежностей групових швидкостей флексуральних фононів від хвильового вектора (рис. 2.25, 2.31) і товщини наноплівки (рис. 2.28 і 2.34) видно, що вони можуть перевищувати величину швидкості поширення цього типу фононів у масивному кристалі. Вважаю, що причина такої особливості, обговореної як у тексті дисертації, так і у відповідних публікаціях, мала би мати більш ґрунтовне пояснення.

6. В описі обґрунтованості та достовірності отриманих результатів, а також під час постановки задачі 4-го розділу, дисертант наводить закон Відемана Франца-Лоренца для встановлення температурних залежностей термодинамічних величин. Однак, цей закон стосується електронної складової теплопровідності, а у роботі аналізується характер ґраткових (фононних) складових. Можливо, варто було б наголосити і на температурній динаміці електронної складової.

Опонент Олексій Новосад кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій Волинського національного університету імені Лесі Українки. Зауваження:

1. Усі отримані дисертантом результати ґрунтуються на дисперсійних залежностях частот, отриманих в аналітичній формі на моделі вільної наноплівки. На мою думку, варто було би обґрунтувати вибір такої моделі та вказати межі її застосування.

2. З наведених у другому розділі результатів видно, що графіки дисперсійних залежностей енергії і групових швидкостей фононів AS-поляризації істотно відрізняються від отриманих для фононів інших гілок спектра акустичного фононів в усіх моделях наноплівки (GaN, AlN і PbI₂). Мабуть, варто було б детальніше обговорити причину такої відмінності.

3. При описі температурних залежностей термодинамічних характеристик

наноплівки дії діоду свинцю різної товщини вказується їх поведінка на інтервалах нижче і вище температури Дебая. Однак у жодному разі не вказане її значення. У чому причина цього факту?

4. Усі твердження, наведені у загальних висновках дисертації, стосуються наноплівки дії діоду свинцю, хоча у назві дисертації йдеться про наноплівки гексагональної структури взагалі. Чи можна припустити, що вони справедливі для будь-яких 2D-структур гексагональної симетрії?

5. Робота фокусується на акустичних фононах. Проте для термоелектричних властивостей (коефіцієнт Зеебека, коефіцієнт теплопровідності) важливим є фонон-електронне розсіювання (ефект фононного захоплення). Доцільно було б детальніше окреслити внесок цього ефекту в досліджуваному інтервалі температур.

6. У тексті, на жаль, трапляються помилки набору, наприклад, «роділ 3» у Переліку умовних позначень, «квазідвоіміріні» (стор. 18), «стоїття» (стор. 85), «темієратурах» (стор. 91) та інші.

Рецензент Володимир Головацький доктор фізико-математичних наук професор, професор кафедри термоелектрики та медичної фізики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Зауваження:

1. Використання моделі пружного континууму для плівок, які містять декілька атомних шарів потребує додаткового обґрунтування.

2. При розв'язанні диференціального рівняння використано граничні умови Неймана, що моделює вільну плівку. Цікавим був би випадок, коли плівка закріплена з одного боку, що відповідає ситуації, коли вона напилена на підкладці.

3. Описки та технічні помилки:

- У переліку умовних позначень (с. 16): термін "Гельмгольція" замість нормативного "Гельмгольца". Також вказано "роділ 3" замість "розділ 3". На с. 47 замість «плівки» написано «плавки».

- На с. 16, у списку скорочень, абревіатура DFT розшифрована як "теорія диференціала густини", тоді як загальноприйнятим перекладом є "теорія функціоналу густини" (Density Functional Theory).

- Скорочення sh, SA та AS що позначають різний тип фононів не наведено у списку скорочень.

- У списку опублікованих праць за темою дисертації на с.11 та на с.144 під п.4 та п.5 вказано одну і ту ж саму статтю, хоча DOI у них різні і вказують на різні статті.

Рецензент Іван Козярьський, кандидат фізико-математичних наук доцент, доцент кафедри електроніки і енергетики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Зауваження:

1. У роботі (зокрема в табл. 2.1) доцільно більш детально прокоментувати зміну відношення величин $\hbar\omega_n^{sh}:\hbar\omega_n^{as}$.

2. При аналізі результатів, представлених на рисунках розділу 2, зокрема рис. 2.18, залежність $\hbar\omega(d)$ наведена для значення хвильового вектора $q = 0,69 \text{ нм}^{-1}$, тоді як на аналогічних рисунках для матеріалів GaN та AlN використано значення $q = 0,98 \text{ нм}^{-1}$. Така відмінність у виборі параметрів потребує додаткового обґрунтування або пояснення для забезпечення коректності порівняння отриманих результатів.

3. У ряді графічних матеріалів (рис. 2.18, рис. 2.20, рис. 2.22) не позначені величини відкладені по осях координат.
4. У роботі (зокрема на стор. 123) концентрація домішок подана в одиницях см^{-2} , тоді як для об'ємних характеристик зазвичай використовуються одиниці см^{-3} . Такий вибір розмірності потребує додаткового пояснення з урахуванням особливостей розглянутої моделі.
5. Робота не позбавлена стилістичних та орфографічних гріхів.

На дисертацію Юрія Луцюка надійшло три звернення. Всі вони позитивні та підкреслюють актуальність і значущість проведеного дослідження, хоча містять окремі зауваження та рекомендації щодо перспектив подальших досліджень: Перше звернення:

Володимир Закордонець - кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри електричної інженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. У своєму зверненні Володимир Закордонець зазначив, актуальність дисертаційного дослідження, присвяченого вивченню впливу просторових обмежень акустичних фононів на термодинамічні та термоелектричні властивості наноплівки гексагональної структури. Автор наголошує, що робота присвячена сучасній науковій проблемі пошуку нових матеріалів для електроніки та дослідженню теплофізичних властивостей нанорозмірних структур. Позитивно оцінено проведений аналіз закономірностей зміни спектра акустичних фононів та їхнього впливу на термодинамічні й термоелектричні характеристики наноструктур. Володимир Закордонець також відзначив достатній рівень апробації результатів, їх опублікування у фахових виданнях та наукову новизну отриманих результатів, що полягає у встановленні закономірностей перебігу теплофізичних процесів у нанорозмірних структурах. Особливо наголошено на актуальності досліджень для розвитку термоелектрики та нанофізики. Щодо зауважень: у тексті дисертації трапляються прикрі помилки набору та невдалі звороти, що тим не менше, не знижує загалом позитивного враження від роботи.

Друге звернення:

Пелешак Роман - доктор фізико-математичних наук, професор кафедри інформаційних систем та мереж Національного університету "Львівська політехніка". У зверненні зазначається, позитивну оцінку запропонованого дисертантом теоретичного підходу до дослідження шаруватих 2D-структур, зокрема був розроблений оригінальний метод визначення частот і групових швидкостей акустичних фононів, а також проведений аналіз впливу спектра фононів на теплоємність, ентропію, потенціал Гельмгольца, теплопровідність, термодифузію та термоелектричну добротність наноплівки йодиду свинцю. Окремо наголошено на логічності побудови дисертації, належному обґрунтуванні висновків та достатній апробації результатів дослідження. Як зауваження Пелешак Роман відзначає використання моделі вільної наноплівки, реалізація якої на практиці є малоімовірною. Водночас зазначається, що використання такої моделі як першого наближення є виправданим, отримані результати не суперечать сучасним уявленням фізики наноструктур і можуть бути уточнені в подальших дослідженнях із застосуванням більш реалістичних моделей, зокрема наноплівки на підкладці або тришарових наноструктур. На думку автора звернення, наведене зауваження не знижує загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

Третє звернення:

Столярчук Ігор - доктор фізико-математичних наук, професор, декан факультету фізики, математики, економіки та інноваційних технологій, професор кафедри фізики та інформаційних систем Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка. У зверненні відзначено комплексний характер проведених досліджень, відповідність отриманих результатів поставленій меті та завданням, наукову новизну і практичну значущість результатів. Позитивно оцінено встановлені закономірності зміни термодинамічних і термоелектричних властивостей наноплівки гексагональної симетрії внаслідок трансформації спектра акустичних фононів при зміні товщини наноплівки та температури системи. Також підкреслено логічну структуру дисертації, належне обґрунтування висновків та достатній рівень апробації результатів дослідження.

Як зауваження автор звернення висловлює побажання більш чітко розмежувати встановлені закономірності, характерні для всіх двовимірних структур гексагональної симетрії, та результати, специфічні саме для наноплівок дийодиду свинцю. Водночас зазначається, що це зауваження має рекомендаційний характер і жодним чином не знижує загального позитивного враження від дисертаційної роботи.

Результати відкритого голосування:

«За» - 5(п'ять) членів ради,
«Проти» - 0 (нуль) членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує Юрію Луцюку ступінь доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 104 Фізика та астрономія.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової спеціалізованої вченої ради
PhD 13239, доктор фізико-математичних
наук, професор, професор кафедри
термоелектрики та медичної фізики
Чернівецького національного університету
імені Юрія Фельдковича



Олександр МАХАНЕЦЬ