

## **РІШЕННЯ РАЗОВОЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ВЧЕНОЇ РАДИ ДФ 36.053.035**

### **ПРО ПРИСУДЖЕННЯ СТУПЕНЯ ДОКТОРА ФІЛОСОФІЇ**

Разова спеціалізована вчена рада ДФ 36.053.035 Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України, м. Дрогобич у складі:

Голови разової спеціалізованої  
вченої ради -

**Ігоря СТОЛЯРЧУКА**, доктора фізико-математичних наук, професора, декана факультету фізики, математики, економіки та інноваційних технологій Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка;

Рецензентів -

**Олега КУЗИКА**, кандидата фізико-математичних наук, доцента, доцента кафедри фізики та інформаційних систем Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка;

**Тараса КАВЕЦЬКОГО**, кандидата фізико-математичних наук, доцента, доцента кафедри фізики та інформаційних систем Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка,

Офіційних опонентів -

**Володимира ГОЛОВАЦЬКОГО**, доктора фізико-математичних наук, професора, професора кафедри термоелектрики та

медичної фізики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича;

**Юлії СЕТІ**, доктора фізико-математичних наук, професора, професора кафедри прикладної математики Національного університету “Львівська політехніка”

на засіданні 10 грудня 2025 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії **Ользі ЛЕШКО** з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали на підставі публічного захисту дисертації **«Оптичні властивості сферичних неконцентричних квантових точок типу ядро-оболонка»**.

Дисертацію виконано у Дрогобицькому державному педагогічному університеті імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України, м. Дрогобич.

Науковий керівник: **Ігор БІЛИНСЬКИЙ**, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри фізики та інформаційних систем. Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка МОН України.

Лешко Ольга Володимирівна, 1992 року народження, громадянка України, освіта вища. У 2014 році закінчила Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка і отримала повну вищу освіту за спеціальністю «Біологія» та здобула кваліфікацію біолога, вчителя біології, хімії та екології.

З 2021 року — вчитель біології СЗШ № 1 м. Трускавець. З 2025 року — молодший науковий співробітник науково-дослідного сектору Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка.

З 26 серпня 2025 року — внесена в реєстр експертів НАЗЯВО за спеціальностями «Прикладна фізика та наноматеріали» та «Біологія та біохімія» з числа здобувачів освіти.

З 2023 по даний час — аспірантка Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису, який за змістом, рівнем наукової новизни, теоретичним й практичним значенням результатів, кількістю наукових публікацій відповідає вимогам пункту 6 «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 року № 44 (зі змінами), та вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40 (зі змінами).

Дисертація Ольги ЛЕШКО є завершеною науковою працею в межах поставлених завдань, представляє собою вагомий внесок у створенні теорії електронних і діркових станів у сферичних неконцентричних квантових точках типу ядро-оболонка та застосуванні розробленої теорії до прогнозування оптичних властивостей зазначених наносистем у випадку наявності домішок і прикладених зовнішніх електричних полів. Отримані результати мають істотне значення для галузі знань «Природничі науки».

У результаті проведених у дисертаційній роботі теоретичних досліджень **уперше** отримано такі **наукові результати**:

- розвинуто теорію електронів і дірок у сферичних нанокристалах ядро-оболонка з нецентральною розташуванням ядра;
- виконано аналіз залежності оптичного поглинання від ступеня зміщення ядра всередині КТ типу CdSe/CdS. Показано, що врахування просторової

асиметрії ядра підвищує відповідність між теоретично розрахованими коефіцієнтами поглинання й експериментально спостережуваними спектрами поглинання;

- досліджено, як зміщення ядра впливає на обмінну взаємодію між електроном і діркою в CdSe/CdS нанокристалах. Визначено, що зі збільшенням товщини оболонки сила обмінної взаємодії послаблюється, через що зменшується енергія розщеплення темного та світлого екситонних станів. Продемонстровано різний характер залежності цієї взаємодії від радіуса оболонки: для тонких оболонок — монотонне зростання, для товстих — немонотонна поведінка зі зростанням радіусу квантової точки. Отримані результати узгоджуються з експериментом;

- виявлено, що донорна домішка, зміщена у сторону, протилежну зсуву ядра нанокристала, змінює характер виродження та розщеплення енергетичних рівнів електронів на збуджених станах. Протилежний зсув домішки й ядра квантової точки зумовлює часткову компенсацію їхніх впливів, що призводить до часткового повернення до сферичної симетрії розподілу густини носіїв;

- показано, що зовнішнє електричне поле є ефективним засобом керування величиною оптичної забороненої зони в асиметричних нанокристалах. Зокрема, поле, направлене проти зміщення ядра від центра, може відновлювати виродження рівнів носіїв, порушене неконцентричністю структури.

**Практична значимість** одержаних результатів полягає в тому, що сформульовані в дисертації теоретичні підходи до опису електронних, діркових та екситонних станів у сферичних наноструктурах типу ядро-оболонка з нецентральною розташуванням ядра можуть бути використані як наукове підґрунтя для подальшої оптимізації вже існуючих технологічних рішень. Запропоновані моделі дозволяють враховувати вплив просторової асиметрії на оптичні властивості, що підвищує точність прогнозування параметрів нанорозмірних структур під час їх одержання.

Виявлені закономірності положення енергетичних рівнів за наявності домішки створюють можливість для кращого розуміння ролі точкових дефектів у формуванні спектральних характеристик наноструктур. Це сприятиме удосконаленню підходів до зменшення негативного впливу неоднорідності структури у квантових точках, що використовуються в оптоелектронних приладах.

Показана здатність зовнішнього електричного поля компенсувати наслідки неконцентричності квантової точки типу ядро-оболонка надає теоретичну основу до розроблення методів керування оптичними параметрами нанокристалів у функціональних середовищах. Отримані результати можуть стати корисними для науковців, які займаються проектуванням високоефективних сонячних концентраторів та удосконаленням принципів роботи квантових випромінювальних структур.

Здобувачка має 14 наукових праць за темою дисертації: 7 статей (усі індексуються у базі Scopus/Web of Science; 2 з них у журналах з кuartилями Q1-Q2, а 5 – у журналах з кuartилями Q3-Q4) та 7 праць, що є матеріалами всеукраїнських та міжнародних конференцій, які засвічують апробацію роботи.

Кількість, обсяг та зміст друкованих праць відповідають вимогам Міністерства освіти і науки України щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

***Наукові статті, опубліковані у виданнях, що входять до списку наукових фахових видань України та проіндексованих у наукометричних базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus***

- 1\*. Leshko R. Ya., Bilynskyi I. V., Leshko O. V. Electron-hole exchange interaction in a spherical quantum dot with regard material deformation and polarization charges. *Journal of Physical Studies*. 2022. Vol. 26, № 1. P. 1720:1-10. <https://doi.org/10.30970/jps.26.1702>. (Scopus, Q4).

- 2\*. Leshko R. Ya., Bilynskiy I. V., Leshko O. V., Holskiy V. B. Electron energy spectrum of the spherical GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As quantum dot with several impurities on the surface. *Condensed Matter Physics*. 2023. Vol. 26, №. 2. P. 23704: 1-8 <https://doi.org/10.5488/CMP.26.23704>. (Scopus, Q4).
- 3\*. Bilynskiy I., Leshko R., Leshko O., Terletska H., Pazuyk R., Voitovych Kh. Impurity states in non-concentric spherical core-shell quantum dot. *Physics and Chemistry of Solid State*. 2024. Vol. 25, № 1. P. 98-103 <https://doi.org/10.15330/pcss.25.1.98-103>. (Scopus, Q3).
- 4\*. Leshko R. Ya., Bilynskiy I. V., Leshko O. V., Popov M. Yu., Ocheretyanyi A. O. Electron and hole energy spectrum of non-concentric spherical core-shell quantum dot under an externally applied electric field. *Condensed Matter Physics*. 2024. Vol. 27, №. 4. P.43703: 1-8. <https://doi.org/10.5488/cmp.27.43703>. (Scopus, Q4).
- 5\*. Leshko R. Ya., Leshko O. V., Bilynskiy I. V., Pazyuk R. I. Electron-hole exchange interaction in the non-concentric spherical core-shell quantum dot. *Journal of Physical Studies*. 2025. Vol. 26, № 1. P. 1720:1-10. <https://doi.org/10.30970/jps.29.1701>. (Scopus Q3).

**Наукові статті, опубліковані у періодичних наукових виданнях,  
проіндексованих у наукометричних базах даних Web of Science Core  
Collection та/або Scopus**

- 6\*. Leshko R. Ya., Bilynskiy I. V., Leshko O. V., Slusarenko M. A. Electron energy spectrum of the non-concentric spherical core-shell quantum dot. *Micro and Nanostructures*. 2023. Vol. 181. P. 207615:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.micrna.2023.207615>. (Scopus, Q2).
- 7\*. Leshko R. Ya., Leshko O. V., Bilynskiy I. V., Holskiy V. B. Optical absorption coefficient of non-concentric spherical core-shell quantum dot. *Optics*

Communications. 2024. Vol. 566. P. 130722:1-5.  
<https://doi.org/10.1016/j.optcom.2024.130722>. (Scopus, Q2).

***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації***

- 8\*. Leshko R., Leshko O. Interband and intraband electromagnetic wave absorption of non-concentric spherical core-shell quantum dots. *VIII Всеукраїнська науково-практична конференція MEICS-2023*. Дніпро, 22-24 листопада 2023 р. С. 258-259.
- 9\*. Leshko O. V., Leshko R. Ya. Effect of electric field of the electron and hole energy spectra of non-concentric spherical core-shell quantum dot. *XIX International Freik Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems*. Ivano-Frankivsk, October 09-14, 2023. P. 46.
- 10\*. Leshko R. Ya., Bilynskyi I. V., Leshko O. V. Interlevel absorption of electromagnetic waves of the non-concentric spherical core-shell quantum dot. *International Scientific and Technical Conference "Laser Technologies. Lasers and Their Application. LTLA-2023"*. Truskavets, Ukraine, Rzeszów, Poland, June 29 - June 30, 2023. P. 11.
- 11\*. Leshko R. Ya. Leshko O. V., Shypytyak T. E. Features of the electronic energy spectrum of non-concentric spherical core-shell quantum dots. *IX Ukrainian Scientific Conference on Physics of Semiconductors (USCPS-9)*. Uzhhorod, Ukraine, May 22-26, 2023. P. 120.
- 12\*. Leshko R. Ya., Leshko O. V., Bilynskyi I. V. The influence of impurities and electric fields on light absorption by spherical non-concentric core-shell quantum dots. *XI-th International Conference "Topical Problems of Semiconductor Physics"*. Prykarpattya, Drohobych, Ukraine, May 27-31, 2024. P. 44.
- 13\*. Bilynskyi I., Popov M., Leshko R., Leshko O. The doped non-concentric core-shell quantum dots under applied electric field. *IX Всеукраїнська науково-*

*практична конференція MEICS-2024. Дніпро, 27-29 листопада 2024 р. С. 271-272.*

14\*. Лешко Р., Лешко О., Хомин П. Електронні і діркові енергетичні спектри сферичної неконцентричної квантової точки типу ядро-оболонка. *«Лашкарьовські читання». Конференція молодих вчених з фізики напівпровідників. Київ, 3-4 квітня 2025 р. С. 37-38.*

**У дискусії взяли участь голова і члени спеціалізованої вченої ради та висловили зауваження:**

**1. Столярчук Ігор Дмитрович**, доктор фізико-математичних наук, професор, декан факультету фізики, математики, економіки та інноваційних технологій Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, голова спеціалізованої ради, без зауважень.

**2. Головацький Володимир Анатолійович**, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри термоелектрики та медичної фізики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, офіційний опонент.

Зауваження, висловлені у відгуку опонента:

1. На стор.34 наведено така фраза: «Додавання домішок у неконцентричні КТЯО також суттєво змінює енергетичну структуру, оскільки вони можуть розташовуватися в енергетично вигідних позиціях у системі». Це речення має декілька недоліків: по-перше, продовження речення після слова оскільки мало б пояснювати першу його частину, але воно цього не робить; по-друге: домішки завжди розміщуються в енергетично вигідних позиціях згідно фундаментального принципу природи.

2. На стор. 35 вказано, що структура КТ може бути однорідною, або гетероструктурою. Насправді, краще говорити про просту та багат шарову квантову точку, оскільки навіть проста КТ вже є гетероструктурою.

3. У таблиці 2.1 числові значення енергій основного стану електрона подано з надмірною кількістю знаків після коми (до восьми десяткових знаків, наприклад 118.74019621 меВ), що не відповідає реальній точності сучасних експериментальних методів. Навіть для демонстрації точності числових розрахунків було б достатньо 3 знаки після коми.

4. Як зазначено в дисертації (стор.75), для моделювання в COMSOL Multiphysics використано тривимірну (3D) розмірність простору. Однак, з огляду на геометрію задачі – сферичну квантову точку типу ядро-оболонка з неконцентричним ядром, зміщеним уздовж осі OZ – система зберігає осесиметрію. Для збереження цієї симетрії середовище матриці можна було б обмежити циліндром, і використати 2D Axisymmetric компонент, який дозволяє значно зменшити обчислювальні ресурси.

5. В дисертації містяться неточності у формулюваннях та описки. Наприклад, на стор.59 (перший абзац) замість «діагоналізації» вжито слово «діалогізації», а на стор. 103 у виразі для площі поверхні КТ пропущено коефіцієнт 4.

**3. Сеті Юлія Олександрівна**, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри прикладної математики Національного університету “Львівська політехніка”, офіційний опонент.

Зауваження, висловлені у відгуку опонента:

1. Чи можна поширити запропоновану теорію СНКТЯО на відкриті КТ?
2. У роботі враховано перехідний шар, де діелектрична проникність змінюється плавно, однак ефективні маси змінюються стрибкоподібно. Чим це обумовлено?
3. У розділі 4 наведено графіки енергії розщеплення темних і світлих екситонних станів у рамках простої параболічної зони провідності і валентної

зони, а відповідних графіків з використанням багатозонної моделі валентної зони не представлено.

4. У дисертації трапляються поодинокі граматичні та орфографічні неточності, які не впливають на змістовність викладеного матеріалу.

**4. Кузик Олег Васильович**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри фізики та інформаційних систем Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, офіційний рецензент.

Зауваження, висловлені у рецензії:

1. У роботі розглядається неконцентричність, яка обумовлена зміщенням центрів ядра, домішки та оболонки вздовж однієї осі (тобто зберігається осьова симетрія). Така постановка задачі є виправданою з огляду на можливість отримання аналітичних результатів та значно спрощує розрахунки. Водночас у реальних КТ неконцентричність, очевидно, має тривимірний характер. Тому залишається відкритим питання, як пониження симетрії розташування ядра та домішки відносно оболонки вплине на досліджувані ефекти.

2. У дисертаційній роботі досліджено вплив дисперсії параметра неконцентричності на високоенергетичні міжзонні переходи, що визначають оптичні властивості наноструктур. Водночас вплив цього параметра на низькоенергетичні міжрівневі переходи, які характеризують внутрішньозонні процеси, у роботі не розглянуто.

3. У дисертації не вказано, як результати методу скінчених елементів узгоджуються з методом плоских хвиль для випадку прикладеного електричного поля.

**5. Кавецький Тарас Степанович**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри фізики та інформаційних систем Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, офіційний рецензент.

Зауваження, висловлені у рецензії:

1. Оптичні коефіцієнти поглинання обчислено при низьких температурах. Який вплив температур може бути на зазначені коефіцієнти?
2. У роботі враховано дисперсію за розташуванням ядра КТЯО, однак нічого не згадується про дисперсію КТ за розмірами.
3. З наведеної класифікації наносистем у дисертаційній роботі проведено дослідження КТ першого типу. На скільки можна застосовувати запропоновану аналітичну теорію до квантових точок іншого типу, наприклад II типу чи інверсного I типу?
4. У тексті дисертаційної роботи інколи зустрічають деякі неточності, фізичні “жаргони”, граматичні та орфографічні описки.

Результати відкритого голосування:

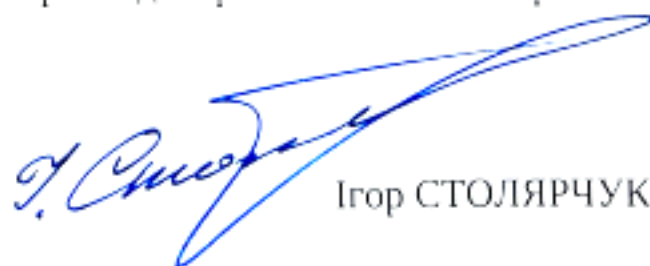
«За» - 5 членів ради;

«Проти» - немає;

«Утрималися» - немає.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада ДФ 36.053.035 Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка Міністерства освіти і науки України, м. Дрогобич присуджує Лешко Ользі Володимирівні ступінь доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

Голова разової спеціалізованої  
вченої ради ДФ 36.053.035

  
Ігор СТОЛЯРЧУК

