

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра фізики кристалів

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан фізичного факультету

Руслан БОВК

“ ” 2025 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Спецкурс «ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОМАТЕРІАЛІВ»

рівень вищої освіти другий (магістр)
галузь знань Е – Природничі науки, математика та статистика
(шифр і назва)
спеціальність Е5 – фізика та астрономія
(шифр і назва)
освітня програма освітньо-наукова - фізика
(шифр і назва)
спеціалізація _____
(шифр і назва)
вид дисципліни за вибором
(обов'язкова / за вибором)
факультет фізичний

2025/2026 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

29 серпня 2025 року, протокол № 10

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ: Семінько В.В., доктор фіз.-мат. наук, професор
кафедри фізики кристалів

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики кристалів

Протокол №9 від 22 серпня 2025 року

В.о. завідувача кафедри:

В.С.Т.
(підпис)

Владислав СЕМІНЬКО
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол №5 від 28 серпня 2025 року

Голова методичної комісії

М.М.
(підпис)

Микола МАКАРОВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОМАТЕРІАЛІВ” складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки _____другий (магістр)_____ спеціальності _____ Е5 – фізика та астрономія

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є ознайомити студентів з основними ідеями, теорією та експериментальними даними щодо особливостей формування оптичних властивостей наноматеріалів, а також їх використання у сучасних технічних та біомедичних застосуваннях.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є засвоїти принципові основи формування оптичних властивостей різноманітних нанокристалічних матеріалів

1.3. Кількість кредитів – 3

1.4. Загальна кількість годин – 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
5-й	-й
Семестр	
10-й	-й
Лекції	
33 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
57 год.	год.
1 курсова робота	

1.6. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

Компетентності, що мають бути сформовані:

Інтегральна: Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та/або інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

Загальні

- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК1)
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК2).
- Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології (ЗК4).
- Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми (ЗК5).
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК6).
- Здатність працювати в міжнародному контексті (ЗК8).
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК9).
- Здатність дотримуватися принципів академічної доброчесності (ЗК11).

Фахові

- Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ (ФК1).
- Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії (ФК2).
- Здатність презентувати результати проведених досліджень, а також сучасні концепції у фізиці та/або астрономії фахівцям і нефахівцям (ФК3).
- Здатність комунікувати із колегами усно і письмово державною та англійською мовами щодо наукових досягнень та результатів досліджень в області фізики та/або астрономії (ФК4).
- Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях (ФК5).
- Здатність встановлювати зв'язок між експериментальними і теоретичними результатами, здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних явищ, об'єктів і процесів, пов'язувати результати досліджень із сучасними фізичними та астрономічними теоріями і уявленнями (ФК8).
- Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в області фізики та астрономії, вибирати відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси (ФК9).
- Здатність проводити аналіз наукових результатів, отриманих в області фізики та астрономії (ФК13).
- Здатність ефективно використовувати людські та матеріальні ресурси для вирішення фундаментальних та прикладних наукових завдань (ФК14).

1.7. Перелік результатів навчання, що формує дана дисципліна

Програмні результати навчання

- Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем. (ПРН1).
- Проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень (ПРН2).
- Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та/або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності (ПРН4).
- Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів (ПРН5).
- Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та/або астрономії (ПРН6).
- Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики та/або астрономії, оприлюднених у формі публікації чи усної доповіді (ПРН7).
- Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємодіючи спілкуючись із колегами (ПРН9).
- Відшуковувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані (ПРН10).
- Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач (ПРН11).

1.8. Пререквізити

Базові знання та вміння з курсу загальної фізики, курсів з основ фізики конденсованого стану та методів оптичної спектроскопії у конденсованих середовищах.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Тема 1. Огляд історії розвитку нанофізики та нанотехнологій. Основні види наноматеріалів і, зокрема, оптичних наноматеріалів. Практичне застосування оптичних наноматеріалів.

Тема 2. Методи отримання оптичних наноматеріалів.

Тема 3. Основні методи дослідження наноматеріалів. Різновиди оптичної мікроскопії (оптична, флуоресцентна, мікроскопія ближнього поля). Електронна мікроскопія. Скануюча тунельна та атомно-силова мікроскопія. Методи оптичної та рентгенівської спектроскопії.

Тема 4. Вплив розміру нанокристалів на їх структурні характеристики (параметр кристалічної ґратки, кристалічна фаза) та термодинамічні властивості (поверхнева енергія, теплоємність, температури фазових переходів). Вплив структурних характеристик наноматеріалів на їхні оптичні властивості.

Тема 5. Квантово-розмірний ефект і електронні властивості нанокристалів.

Тема 6. Оптичні властивості металевих та напівпровідникових наночастинок. Електронна структура металевих кластерів. Плазмонні коливання та поверхневий плазмонний резонанс в металевих нанокристалах. Квантові точки і нанокластери металів.

Тема 7. Біологічні застосування люмінесцентних нанокристалів.

Тема 8. Технічні застосування люмінесцентних нанокристалів.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7
Тема 1. Огляд історії розвитку нанофізики та нанотехнологій. Основні види наноматеріалів і, зокрема, оптичних наноматеріалів. Практичне застосування оптичних наноматеріалів.	2	2				
Тема 2. Методи отримання оптичних наноматеріалів.	4	4				

Тема 3. Основні методи дослідження наноматеріалів. Різновиди оптичної мікроскопії (оптична, флуоресцентна, мікроскопія ближнього поля). Електронна мікроскопія. Скануюча тунельна та атомно-силова мікроскопія. Методи оптичної та рентгенівської спектроскопії.	4	4				
Тема 4. Вплив розміру нанокристалів на їх структурні характеристики (параметр кристалічної ґратки, кристалічна фаза) та термодинамічні властивості (поверхнева енергія, теплоємність, температури фазових переходів). Вплив структурних характеристик наноматеріалів на їхні оптичні властивості.	2	2				
Тема 5. Квантово-розмірний ефект і електронні властивості нанокристалів.	8	8				
Тема 6. Оптичні властивості металевих та напівпровідникових наночастинок. Електронна структура металевих кластерів. Плазмонні коливання та поверхневий плазмонний резонанс в металевих нанокристалах. Квантові точки і нанокластери металів.	6	6				
Тема 7. Біологічні застосування люмінесцентних нанокристалів.	4	4				
Тема 8. Технічні застосування люмінесцентних нанокристалів.	3	3				
Усього годин	33	33				

4. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	З використанням літературних джерел із списку рекомендованої літератури проробка питань, поставлених викладачем на лекції з теми:	Кількість годин
1	Огляд сучасних прикладів практичного використання оптичних наноматеріалів (оптоелектроніка, медицина, сенсорика).	5
2	Аналіз впливу методу синтезу на розмір, форму та оптичні властивості наночастинок.	7

3	Аналіз можливостей електронної, тунельної та атомно-силової мікроскопії.	8
4	Аналіз впливу розміру нанокристалів на параметри кристалічної ґратки. Зв'язок між структурними характеристиками та оптичними властивостями	6
5	Розрахунок енергетичних рівнів у моделі «частинка в потенціальній ямі». Аналіз залежності оптичних спектрів від розміру квантових точок.	10
6	Вивчення електронної структури металевих кластерів. Аналіз явища поверхневого плазмонного резонансу.	9
7	Вивчення принципів біомаркування з використанням квантових точок. Аналіз переваг і обмежень люмінесцентних нанокристалів у біомедицині.	6
8	Огляд застосування нанокристалів у світлодіодах, лазерах, фотодетекторах. Аналіз перспектив розвитку нанофотоніки.	6

7. Методи навчання

Наочний, словесний, проблемний, практичний

8. Методи контролю

поточний (перевірка завдань самостійної роботи, конспекти) та підсумковий (екзамен)

Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота	Екзамен	Сума
60	40	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	

70-89	добре	зараховано
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

9. Рекомендована література

Основна література

1. P.N. Prasad. *Nanophotonics*. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2004. – 415 p.
2. S.V. Gaponenko, H.V. Demir. *Applied nanophotonics*. – Cambridge: Cambridge University Press, 2019. – 433 p.
3. В. В. Семінько, П.О. Максимчук. Дефектна структура, люмінесцентні властивості та антиоксидантна активність нанокристалів оксиду церію ($\text{CeO}_2\text{-x}$). – Харків: “ІСМА”, 2022, 248 стр.

Допоміжна література

1. J.R. Lakowicz. *Principles of Fluorescence Spectroscopy. Third Edition*. – Singapore: Springer, 2006. – 954 p.
2. A. Nabok. *Organic and inorganic nanostructures*. – Norwood: Artech House, 2005. – 268 p.
3. L. Novotny, B. Hecht. *Principles of nano-optics*. – Cambridge: Cambridge University Press, 2019. – 539 p.

10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення