

**ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА**

Факультет фізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. проректора
з наукової роботи

Олег МАРЕНКОВ

2021 р.



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ОК 2.2 МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ТА ДІАГНОСТИКИ КОМПОЗИТНИХ
НАНОМАТЕРІАЛІВ**

(шифр із ОПІ і повна назва навчальної дисципліни)

для здобувачів вищої освіти

рівень вищої освіти третій (освітньо-науковий)

галузь знань 10 Природничі науки

спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали
(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація _____
(за наявності) (назва спеціалізації)

освітньо-наукова програма Прикладна фізика та наноматеріали
(назва освітньої програми)

факультет фізики, електроніки та комп'ютерних систем
(назва)

вид дисципліни обов'язкова
(обов'язкова/вибіркова)

**Дніпро
2021**

Розробник: Коваленко О.В., професор кафедри прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів, д-р фіз.-мат. наук, професор

(вказати розробників: ПІБ, посада, науковий ступінь, вчене звання)

Робоча програма схвалена:

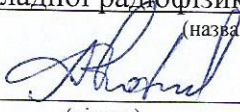
на засіданні кафедри прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів

(назва кафедри)

від « 15 » червня 2021 р. Протокол № 10

Завідувач кафедри прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів

(назва кафедри)


_____ (Олександр КОВАЛЕНКО)
(підпис)

Ухвалено:

на засіданні науково-методичної ради факультету фізики, електроніки та комп'ютерних систем

(назва)

від «19» червня 2021 р. Протокол № 6

Голова НМРФ  (Андрій ТУРІНОВ)

(підпис)

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри прикладної радіофізики, електроніки та наноматеріалів на наступний навчальний рік

20 22/2023 н. р. протокол № 11, від « 30 » червня 20 22р.

20 __/20__ н. р. протокол № ____, від « __ » _____ 20__ р.

20 __/20__ н. р. протокол № ____, від « __ » _____ 20__ р.

20 __/20__ н. р. протокол № ____, від « __ » _____ 20__ р.

1. МЕТА ДИСЦИПЛІНИ.

Мета – створення у студентів чітких уявлень щодо теорії та практики використання квантоворозмірних структур в таких галузях, як оптоелектроніка, мікроелектроніка та наноелектроніка. Ці уявлення в майбутньому забезпечать підґрунтя успішного виконання дипломних робіт. Дисципліна «*Методи отримання та діагностика нанокompозитних матеріалів*» утворює умови для міждисциплінарних зв'язків та надає відповідні навички у розв'язанні задач, які виникають на практиці в різних галузях народного господарства. Знання, набуті при вивченні дисципліни, використовуються при виконанні курсових, дипломних робіт.

Дисципліна «*Методи отримання та діагностика нанокompозитних матеріалів*» формує наступні *компетентності* за ОНП:

ЗК 01. Здатність до абстрактного мислення, використання сучасних інформаційних та комунікативних технологій для пошуку, обробки і критичного аналізу інформації з різних джерел, синтезу існуючих та генерування нових ідей під час вирішення дослідницьких та практичних завдань, у тому числі міждисциплінарних галузях.

ЗК 02. Здатність дотримуватися етичних норм та авторського права при проведенні наукових досліджень, діяти на основі принципів академічної доброчесності, а також ставитися із повагою до національних та культурних традицій, способів роботи і мислення інших.

ЗК 03. Здатність використовувати у професійній роботі знання основ людського мислення, проводити оригінальне наукове дослідження та здійснювати дослідницько-наукову діяльність на основі глибокого переосмислення наявних та створення нових цілісних теоретичних та практичних знань.

ЗК 06. Здатність сприймати та обробляти новітню інформацію з наукових джерел іноземною мовою.

Спеціальні компетенції

СК 01. Обізнаність у сфері основних положень сучасної філософії науки і техніки. Здатність оцінювати з філософських позицій досягнення у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

СК 02. Здатність аналізувати взаємозв'язок філософських та наукових питань прикладної фізики та наноматеріалів з проблематикою сучасної прикладної етики і психологічних теорій.

СК 04. Здатність реферувати, анутовати та перекладати неадаптовану професійно-орієнтовану літературу.

СК 08. Здатність переосмислювати наявне та створювати нове цілісне знання та/або професійну практику в галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

СК 09. Здатність адаптувати і узагальнювати результати сучасних досліджень, методів досліджень в галузі прикладної фізики та наноматеріалів для розв'язування наукових і прикладних завдань.

СК 10. Здатність до добору адекватного експериментального обладнання, математичного апарату, прикладного комп'ютерного забезпечення на основі відомостей про об'єкт дослідження, визначати їх межі застосовності.

СК 11. Здатність аналізувати одержані результати, надавати їм інтерпретацію та визначати межі придатності.

СК 12. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт в галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

2. ПОПЕРЕДНІ ВИМОГИ ДО ОПАНУВАННЯ АБО ВИБОРУ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.

Курс «*Методи отримання та діагностика нанокompозитних матеріалів*» базується на попередніх курсах фізико-математичного напрямку:

Вища математика

Фізика

Квантова радіофізика та нелінійна оптика

Фізика твердого тіла

Твердотільна електроніка

Оптоелектроніка

Функціональна електроніка

3. РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ЗА ДИСЦИПЛІНОЮ ТА ЇХ СПІВВІДНОШЕННЯ ІЗ ПРОГРАМНИМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ НАВЧАННЯ.

Завдання – опанувати технології отримання нанорозмірних матеріалів, нові фізичні явища, які спостерігаються в квантоворозмірних структурах, практичне використання квантоворозмірних структур в сучасних приладах оптоелектроніки.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- основні сучасні технологічні методи отримання нанорозмірних матеріалів;
- сучасні експериментальні методи дослідження фізичних властивостей квантоворозмірних структур;
- методи діагностики наноматеріалів під час синтезу та після нього;
- основні властивості наноматеріалів, які мають практичне значення для побудови різноманітних приладів та пристроїв в таких галузях, як оптоелектроніка, мікроелектроніка та наноелектроніка;

вміти:

- використовувати сучасні засоби спілкування за допомогою комп'ютерних технологій та мереж в галузі отримання та діагностики нанокompозитних матеріалів;
- на підставі сучасних теорій пояснювати фізичні властивості нанорозмірних структур, що мають практичне значення в таких галузях, як оптоелектроніка, мікроелектроніка та наноелектроніка;
- застосовувати сучасного обладнання для експериментальних досліджень фізичних властивостей наноматеріалів;
- володіти математичними засобами та відповідним комп'ютерним забезпеченням для обробки експериментальних результатів;
- на підставі аналізу експериментальних результатів щодо фізичних властивостей наноматеріалів запропонувати практичне використання наноматеріалів для розробки сучасних приладів та пристроїв в галузі опто- та наноелектроніки.

Після вивчення навчальної дисципліни «*Методи отримання та діагностика нанокompозитних матеріалів*» здобувач вищої освіти має продемонструвати такі програмні результати навчання:

№	Програмні результати навчання	Результати навчання за дисципліною	Номери тем
1	ПР 01. Володіти комунікативними навичками для	Опанування сучасних засобів спілкування за допомогою	Т1, Т4, Т6-Т8

	спілкування в національному та іншомовному середовищах з фахівцями та нефахівцями щодо проблем в області філософської та наукової проблематики.	комп'ютерних технологій та мереж як в національному так і в іншомовному середовищах в галузі отримання та діагностики нанокompозитних матеріалів.	
2	ПР 09. Демонструвати глибокі знання в галузі прикладної фізики та наноматеріалів, зокрема засвоєння основних концепцій, сучасного стану наукових знань, оволодіння термінологією з наукового напрямку досліджень.	Отримання сучасних уявлень щодо застосування наноматеріалів для побудови приладів та пристроїв в різноманітних галузях і насамперед в галузі прикладної фізики та наноматеріалів.	T2, T3, T6, T7
3	ПР 10. Уміти добирати та застосовувати сучасне експериментальне обладнання, математичний апарат, прикладне комп'ютерне забезпечення для проведення досліджень у області прикладної фізики та наноматеріалів.	Отримання знань щодо застосування сучасного обладнання для експериментальних досліджень фізичних властивостей наноматеріалів; оволодіння математичними засобами та відповідним комп'ютерним забезпеченням для обробки експериментальних результатів	T5, T6
4	ПР 11. Уміти інтерпретувати результати експериментальних досліджень, комп'ютерної симуляції та розрахунків фізичних процесів, властивостей матеріалів, функціонування приладів, апаратури та обладнання, співвідносячи їх з існуючими теоріями та практичними результатами. Уміти проводити аналіз, оцінку наукових положень та ідей та генерування нових.	Вміти на підставі аналізу експериментальних результатів щодо фізичних властивостей наноматеріалів запропонувати відповідні теорії для їх пояснення та практичного використання в якості сучасних приладів опто- та наноелектроніки. Отримання навичок щодо перспектив покращення властивостей наноматеріалів та перспектив їх практичного використання.	T6-T8

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.

3 семестр

Форма навчання денна

№ п/п	Номер і назва теми	Кількість годин*				Примітки**			
		лекції	практичні	Лабораторні заняття	Самостійна робота	2021/22 н.р.	2022/23 н.р.	2023/24 н.р.	2024/25 н.р.
<i>Розділ 1 Характеристики квантоворозмірних структур</i>									
1	Тема 1. Квантоворозмірні структури - нові матеріали сучасної нано- та оптоелектроніки.	2			10				
2	Тема 2. Зміна залежності густини квантових станів в квантоворозмірних структурах в порівнянні з об'ємним твердим тілом.	2	2		18				
<i>Розділ 2. Електронні стани в квантоворозмірних структурах</i>									
3	Тема 3. Зміни зонних схем напівпровідників та металів в квантоворозмірних структурах в порівнянні з об'ємним твердим тілом.	4	4		18				
4	Тема 4. Енергія, імпульс та хвильова функція для електронів в поодинокій квантовій ямі. Різновиди квантоворозмірних структур: квантові точки, квантові дроти, надграти.	6	4		16				
<i>Розділ 3. Технології отримання квантоворозмірних структур</i>									
5.	Тема 5. Технології, що використовуються для створення квантоворозмірних структур. Сучасні методи діагностики квантоворозмірних структур.	4			20				
6	Тема 6. Нові технологічні досягнення та фізичні явища, які спостерігаються в квантоворозмірних структурах.	2	2		16				
7	Тема 7. Практичне застосування квантоворозмірних структур в нано- та оптоелектроніці.	6	4		20				
<i>Розділ 4. Ефекти самоорганізації в квантоворозмірних структурах</i>									
8	Тема 8. Елементи самоорганізації, що спостерігаються в квантоворозмірних структурах.	4			16				
	ВСЬОГО	30	16		134				

5. Схема формування оцінки.

5.1 Шкала відповідності оцінок:

Відмінно/Excellent	Зараховано/Passed	90-100
Добре/Good		82-89
Задовільно/Satisfactory		75-81
		64-74
Незадовільно/Fail	Не зараховано/Fail	0-59

5.2 Форми та організація оцінювання:

Поточне оцінювання :

<i>Форма оцінювання</i>	<i>Терміни оцінювання (тиждень)</i>	<i>Максимальна кількість балів</i>
<i>Оцінка реферату щодо практичного застосування квантоворозмірних структур з урахуванням науково-дослідної роботи аспіранта (в межах самостійної роботи)</i>	15	25
<i>Поточне оцінювання</i>	15	10
<i>Виступ-презентація за темою підготовленого реферату (в межах практичних занять)</i>	15	25
Максимальна кількість балів за поточне оцінювання* 60		

Підсумкове оцінювання:

<i>Форма оцінювання</i>	<i>Терміни оцінювання (тиждень)</i>	<i>Максимальна кількість балів</i>
Екзамен	19	40

6. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА (ЗА ПОТРЕБОЮ).

Унікальне обладнання для отримання наноматеріалів кріохімічним методом, методом ультразвукового піролізу аерозолі та самопоширювальним високотемпературним синтезом. Дифрактометр ДРОН-2, ЕПР радіоспектрометр RADIOPAN SE/X-2547 (2019), вібромагнітометр, оптичний спектометр на базі монохроматора МДР-3 з різноманітними джерелами збудження об'єктів дослідження.

Комп'ютерний клас на 10 робочих місць. Комп'ютери (Intel(R) Pentium (R) Gold G5400 CPU 3.70 GHz, оперативна пам'ять 4.00 ГБ, процесор x64)- 10 шт.

Програмне забезпечення: Microsoft Office 2010, Microsoft Office 2003, Пакет моделювання VisSim, Autodesk AutoCAD 2005, Mathworks MATLAB R2013b, Microsoft Visual Studio 2010 Enterprise edition, Adobe Photoshop CS6, Adobe Reader DJVUreader, Borland Delphi 7.0, Electronics Workbench, Пакет моделювання VisSim 5.0, Java Development Kit, Visual DSP++ 4.0, Borland C++ Builder 6.0, Python, MS Office 365, MS Teams, MS Forms, MS PowerPoint, платформа Zoom.

7. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна: (Базова)

1. Керамічні, склоподібні та квантоворозмірні напівпровідникові структури на основі оксидів і халькогенідів металів : Монографія / Коваленко О. В., Колбунов В. Р., Тонкошкур О. С., Тищенко В. В. Дніпропетровськ : Видавництво ДНУ, 2013. 344 с.

2. Наноструктури напівпровідникових сполук A_2B_6 : Монографія / Корбутяк Д. В., Коваленко О. В., Будзуляк С. І., Мельничук О. В. Ніжин: Видавництво НДУ ім. М.Гоголя, 2020. 183 с.

3. Находкін Н., Шека Д. Фізичні основи мікро- та наноелектроніки. Київ: КНУ, 2005. 431 с.

4. Находкін Н, Сизов Ф. Елементи функціональної електроніки. Київ: УкрІНТЕЛ, 2002. 323 с.

5. Квантові низькорозмірні системи / Шпак А., Куницький Ю., Коротченко О., Смик С. Київ: Академперіодика, 2003. 312 с.

6. Заячук Д. М. Нанотехнології наноструктури. Львів: Львівська політехніка, 2009. 580 с.

7. Бабіч А. В., Коротун А. В. Методичні вказівки до лабораторного практикуму з дисципліни «Фізика низькорозмірних систем». Запоріжжя: ЗНТУ, 2015. 74 с.

8. Kovalenko A. V., Vorovsky V. Yu., Khmelenko A. V. The effect of heat treatment on the magnetic properties of ZnO:Mn nanocrystals obtained by ultrasonic aerosol pyrolysis. Functional Materials. 2020. Vol. 27, № 4. P. 687-694.

9. Люминесцентные свойства поверхности нанокристаллов ZnS:Mn, полученных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза / Гранкин В. П., Гранкин Д. В., Коваленко А. В., Хмеленко О. В. ЖПС. 2021. т. 88, №2. С.197-186.

Додаткова:

1. Preparation of zinc oxide nanopowders doped with manganese, which have ferromagnetic properties at room temperature / Kovalenko A. V., Vorovsky V. Yu, Kushneryov A. I., Khmelenko O. V. Functional Materials. 2018. Vol. 25, №1. P. 61-66.

2. Kovalenko A. V., Plakhtiy E. G., Vovk S. M. Application of derivative spectroscopy method to photoluminescence in ZnS:Mn nanocrystals. Ukr.J.Phys.Opt. 2018. Vol.19, №3. P. 133-140.

3. Kovalenko A. V., Khmelenko O. V., Plakhtiy E. G. The peculiarities of the properties of ZnS_xSe_{1-x} nanocrystals obtained by self-propagating high-temperature synthesis. *Functional Materials*. 2018. Vol. 25, №4. P. 665-669.

4. Kovalenko A. V., Plakhtii Ye. G., Khmelenko O. V. Research of Photoluminescence Spectra of $ZnS_xSe_{1-x}:Mn$ Nanocrystals Obtained by Method of Self-propagating High-temperature Synthesis. *Journal of nano- and Electronic Physics*. 2019. Vol. 11, No 4, P. 4031-4035.

5. Modification of Surface of $ZnO:Mn$ Nanocrystals Synthesized by the Cryochemical Method / Kovalenko A. V., Vorovsky V. Yu., Bulanyi M. F., Khmelenko O. V. *Journal of nano- and Electronic*. 2019. Vol. 11, No 5, P. 05034-05038.

8. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. <http://repository.dnu.dp.ua>.
2. <http://library.dnu.dp.ua>.
3. Додаткові ресурси інтернету.

Тематика практичних занять здобувачів вищої освіти денної форми навчання (2021/2022 н.р.)

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Практичне заняття №1. Розрахунок залежності густини квантових станів в квантоворозмірних структурах та в об'ємних кристалах.	2
2	Практичне заняття №2. Аналіз змін зонних схем напівпровідників та металів в квантоворозмірних структурах в порівнянні з об'ємними матеріалами.	4
3	Практичне заняття №3. Розрахунок енергії, імпульсу та хвильової функції для електронів в поодинокій квантовій ямі та в зв'язаних квантових ямах. Різновиди квантоворозмірних структур: квантові точки, квантові дроти, надграти.	4
4	Практичне заняття №4. Аналіз нових технологічних досягнень та фізичних явищ, які спостерігаються в квантоворозмірних структурах.	2
5	Практичне заняття №5. Аналіз застосування квантоворозмірних структур в нано- та оптоелектроніці.	4
	Разом	16

**Тематика самостійної роботи
здобувачів вищої освіти денної форми навчання (2021/2022 н.р.)**

Тема самостійної роботи	Кількість годин
Тема 1. Квантоворозмірні структури - нові матеріали сучасної нано- та оптоелектроніки. Опрацювання лекційного матеріалу.	10
Тема 2. Зміна залежності густини квантових станів в квантоворозмірних структурах в порівнянні з об'ємним твердим тілом. Опрацювання лекційного матеріалу.	18
Тема 3. Зміни зонних схем напівпровідників та металів в квантоворозмірних структурах в порівнянні з об'ємним твердим тілом. Опрацювання лекційного матеріалу.	18
Тема 4. Енергія, імпульс та хвильова функція для електронів в поодинокій квантовій ямі. Різновиди квантоворозмірних структур: квантові точки, квантові дроти, надграти. Опрацювання лекційного матеріалу.	16
Тема 5. Технології, що використовуються для створення квантоворозмірних структур: технологія MBE, технологія MOCVD, технологія ALE, технологія CVD, VPE. Сучасні методи діагностики квантоворозмірних структур. Опрацювання лекційного матеріалу.	20
Тема 6. Нові технологічні досягнення та фізичні явища, які спостерігаються в квантоворозмірних структурах. Опрацювання лекційного матеріалу.	16
Тема 7. Практичне застосування квантоворозмірних структур в нано- та оптоелектроніці: фотоелектричні прилади, світлодіоди, лазери, хімічні сенсори. Опрацювання лекційного матеріалу.	20
Тема 8. Елементи самоорганізації, що спостерігаються в квантоворозмірних структурах. Опрацювання лекційного матеріалу	16
Разом	134