

Міністерство освіти і науки України  
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
Фізико-технічний факультет  
Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Проректор \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

## **РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **Квантові точки**

Освітня програма аспірант (PhD)

Спеціальність 105, Прикладна фізика і наноматеріали

Галузь знань 10 Природничі науки

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 1 від “29” серпня 2022 р.

м. Івано-Франківськ - 2022

Робоча програма «*Квантові точки*» для підготовки здобувачів третього рівня вищої освіти – доктора філософії спеціальності «105, Прикладна фізика і наноматеріали» “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_, 2022 р. – 12 с.

Розробники: (вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)  
Будзуляк І. М. – професор кафедри матеріалознавства і новітніх технологій, доктор фізико-математичних наук, професор

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри матеріалознавства і новітніх технологій

Протокол № 1 від “29” серпня 2022 р.

Завідувач кафедри матеріалознавства і новітніх технологій

“29” серпня 2022 р. \_\_\_\_\_ Богдан ОСТАФІЙЧУК

Схвалено методичною комісією фізико-технічного факультету.

Протокол від “30” серпня 2022 р. № 1

“30” серпня 2022 р.

Голова \_\_\_\_\_  
(підпис)

Михайло ЯЦУРА  
(прізвище та ініціали)

© Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2022 рік

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – <b>3</b>	Галузь знань <b><u>10 Природничі науки</u></b>	<b>Цикл професійної підготовки</b>	
Модулів – <b>1</b>	Спеціальність (професійне спрямування): <u>105, Прикладна фізика і наноматеріали</u>	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – <b>2</b>		<b>1-й</b>	____-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання – <b>реферат</b>		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин – <b>90</b>		<b>2-й</b>	
Тижневих годин для денної форми навчання:  аудиторних – <b>30</b> самостійної роботи студента – <b>60</b>	Освітньо-кваліфікаційний рівень: <u>доктор філософії (PhD)</u>	<b>Лекції</b>	
		<b>20 год.</b>	
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		<b>10 год.</b>	
		<b>Лабораторні</b>	
		____ год.	____ год.
		<b>Самостійна робота</b>	
<b>60 год.</b>			
<b>Індивідуальні завдання:</b>		____ год.	
Вид контролю:		<b><u>екзамен</u></b>	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:  
для денної форми навчання – **0,5**

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Курс «Квантові точки» створений для аспірантів (PhD) за ОП «Прикладна фізика і наноматеріали». Курс розроблено таким чином, щоб поглибити знання аспірантів про наноб'єкти, освоїти основи технології отримання квантових точок, дослідження їх властивостей та можливостей їх застосування. Основні завдання дисципліни полягають у формуванні в аспірантів уявлення про принципово нові властивості квантових точок, обумовлені їх структурою та енергетичним спектром, зокрема про їх оптичні та фотолюмінесцентні властивості.

**Мета.** Логічно послідовне формування у аспірантів уявлень про різні типи квантових точок, методики їх отримання, унікальні фізичні властивості та сфери їх застосування в різноманітних галузях науки і техніки.

В процесі вивчення дисципліни аспіранти повинні отримати чіткі уявлення про фізичні явища та процеси притаманні квантовим точкам, прояву у них всього спектру квантово-механічних властивостей, які є несуттєвими для макрооб'єктів, зокрема залежність енергетичного спектру квантової точки від її розмірів, внаслідок чого отримувати та ціле направлено здійснювати їх оптичні та фотолюмінесцентні властивості.

Аспірантам необхідно засвоїти методи отримання квантових точок та усвідомлювати, що їх властивості залежать як від способу отримання так і від матеріалу з якого вона отримана та матриці в якій вона синтезована. Особлива увага буде акцентована на квантових напівпровідникових точках на основі широкозонних напівпровідників (CdTe, CdS, CdSe, ZnTe та вуглецевих квантових точках.)

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### **Змістовий модуль 1. Синтез та класифікація квантових точок**

##### **Тема 1. Основні методи синтезу квантових точок.**

Освоєння методів синтезу КТ шляхом подрібнення матеріалу (зверху вниз) так і вирощуванням нанокристалів (знизу вверху), отримання КТ в неполярних середовищах, встановлення стадії росту зародків та кінетики росту наночастинок.

##### **Тема 2. Класифікація квантових точок.**

Характеристика КТ за складом, формою, розміром. Основні вимоги до матеріалу КТ. Вплив форми на властивості КТ. Аналіз багатокомпонентних і легованих КТ.

##### **Тема 3. Вуглецеві квантові точки.**

Особливості синтезу вуглецевих КТ, їх оптичні і люмінесцентні властивості.

#### **Змістовий модуль 2. Енергетичний спектр, оптичні та люмінесцентні властивості квантових точок.**

##### **Тема 4. Квантово розмірні властивості квантових точок.**

Прояв квантово-розмірного ефекту в спектрах люмінесценції, зсув Стокса. Часи життя фото збуджених електронно-діркових пар в залежності від типу КТ.

##### **Тема 5. Спектри люмінесценції квантових точок.**

Дві можливості аналізу оптичного спектру нанокристалів – “знизу” і “зверху”, тобто КТ можна представити як багатоатомну молекулу або описати КТ на основі квантового обмеження. Прояв дискретної структури енергетичного спектру. Аналіз причин дискретності.

##### **Тема 6. Флуоресцентний блінкінг квантових точок.**

Умови періодичного переходу КТ з режиму люмінесцентного випромінювання до темного стану (off – стан). Можливі механізми кореляції між спектральним зсувом і миганням КТ.

##### **Тема 7. Застосування квантових точок.**

Практичне застосування КТ в лазерах, в яких можна змінювати довжину хвилі, для світло випромінюючих пристроїв, як матеріал сонячних батарей та при створенні тонко плівкового польового транзистора.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Модуль 1</b>						
<b>Змістовий модуль 1.</b>						
<b>Синтез та класифікація квантових точок</b>						
Тема 1. Основні методи синтезу квантових точок.	13	3	2			8
Тема 2. Класифікація квантових точок.	12	3	1			8
Тема 3. Вуглецеві квантові точки.	12	3	1			8
Разом за змістовим модулем 1	<b>37</b>	<b>9</b>	<b>4</b>			<b>24</b>
<b>Змістовий модуль 2.</b>						
<b>Енергетичний спектр, оптичні та люмінесцентні властивості квантових точок.</b>						
Тема 4. Квантово розмірні властивості квантових точок.	13	3	1			9
Тема 5. Спектри люмінесценції квантових точок.	14	3	2			9
Тема 6. Флуоресцентний блінкінг квантових точок.	13	3	1			9
Тема 7. Застосування квантових точок.	13	2	2			9
Разом за змістовим модулем 2	<b>53</b>	<b>11</b>	<b>6</b>			<b>36</b>
Усього годин	<b>90</b>	<b>20</b>	<b>10</b>			<b>60</b>

### 5. Теми семінарських занять

№ з/П	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

### 6. Теми практичних занять

№ з/П	Назва теми	Кількість годин
<b>Змістовий модуль 1. Синтез та класифікація квантових точок</b>		
1	Синтез квантових точок шляхом вирощування нанокристалів.	2
2	Дослідження форми на властивості квантових точок.	1
3	Дослідження люмінесцентних властивостей квантових точок.	1
<b>Змістовий модуль 2. Енергетичний спектр, оптичні та люмінесцентні властивості квантових точок.</b>		
4	Встановлення часу життя фотозбуджених електронно-діркових пар.	1
5	Встановлення причин дискретності енергетичного спектру квантових точок.	2
6	Механізми спектрального зсуву в квантових точках.	1
7	Застосування квантових точок в сонячних батареях.	2
	<b>Разом</b>	<b>10</b>

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/П	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

## 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>Змістовий модуль 1. Синтез та класифікація квантових точок</b>		
1	Встановлення стадії росту зародків та кінетики росту наночастинок.	8
2	Аналіз багатокомпонентних і легованих КТ.	8
3	Вплив умов синтезу квантових точок на їх оптичні властивості.	8
<b>Змістовий модуль 2. Енергетичний спектр, оптичні та люмінесцентні властивості квантових точок.</b>		
4	Квантові розмірні ефекти у квантових точках.	9
5	Модель квантова точка як багатоатомна молекула.	9
6	Режими люмінесцентного випромінювання (on - стан) (off – стан).	9
7	Умови створення польового транзистора на основі квантових точок.	9
	<b>Разом</b>	<b>60</b>

## 9. Індивідуальні завдання

### 10. Методи навчання

Лекції, презентації, семінарські заняття, захист рефератів, індивідуальна робота

### 11. Методи контролю

Поточний контроль, контрольне тестування, реферат



## 12. Розподіл балів, які отримують аспіранти

Поточне тестування та самостійна робота				Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1		Змістовий модуль 2		50	100
Поточний контроль	Реферат	Поточний контроль	Реферат		
10	15	10	15		

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
80 – 89	<b>B</b>	добре	
70 – 79	<b>C</b>		
60 – 69	<b>D</b>	задовільно	
50 – 59	<b>E</b>		
26 – 49	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-25	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### 13. Методичне забезпечення

1. Рисунки, схеми.

### 14. Рекомендована література

1. Заячук Д.М. Низькорозмірні структури і надгратки. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006. – 220 с.

2. Малыгин А.А. Химия поверхности и нанотехнология: взаимосвязь и перспективы // Сорровский обр. журн. – 2004. – Т. 8, № 1. – С. 32-37.

3. Заячук Д.М. Нанотехнології, наноструктурі. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 580 с.

4. Физика и химия поверхности. Книга I. Физика поверхности (в 2-х томах) / Под ред. Н.Т. Картеля и В.В. Лобанова – Киев: Институт химии поверхности им. А.А.Чуйко НАН Украины; ООО «Интерсервис», 2015., Т.2. – 2015. – 522 с.

5. Будзуляк І.М., Яблонь Л.С., Остафійчук Б.К., Григорчак І.І., Морушко О.В., Хемій О.М. Накопичення заряду в електрохімічних системах, сформованих на основі низькорозмірних структур, Івано-Франківськ, 2018. – 316 с.

6. Дельмон Б. Кинетика гетерогенных реакций. – М.: Мир, 197. – 555 с.

7. Ільчук Г.А., Кусьнеж В.В., Токарєв В.С. Напівпровідникові кластери CdS в полімерній матриці // Фізика і хімія твердого тіла. – 2006. – Т. 7, № 4. – С. 640-644.

8. Буланій М.Ф., Воровський В.Ю., Коваленко О.В., Хмеленко О.В. Синтез нанопорошків ZnO і ZnO:Mn методом ультразвукового піролізу аерозолію // Журнал нано і електронної фізики. – 2016. – Т. 8, № 2. – С. 02043-5.

9. Корбутяк Д.В., Коваленко О.В., Будзуляк С.І., Мельничук О.В. Наноструктури напівпровідникових сполук  $A_2B_6$ . Ніжин: Видавництво НДУ ім. М. Гоголя, 2020. – 184 с.