

Державний вищий навчальний заклад
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»

Кафедра фізики і хімії твердого тіла

ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор _____ проф. Шарин С.В.
“ _____ ” _____ 2018 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Методи отримання наноматеріалів

(шифр і назва навчальної дисципліни)

галузь знань _____ 10 природничі науки _____
(шифр і назва напрямку підготовки)

спеціальність _____ 104 фізика та астрономія, 105 прикладна фізика та наноматеріали _____
(шифр і назва спеціальності)

факультет _____ фізико-технічний _____
(назва інституту, факультету)

Івано-Франківськ – 2019 рік

Робоча програма

“Методи отримання наноматеріалів”

(назва навчальної дисципліни)

для студентів за спеціальностями 04 фізика та астрономія, 105 прикладна фізика та наноматеріали

„ ____ ” _____, 20__ р. – __ с.

Розробники: (вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Лоп’яно Михайло Антонович, доцент кафедри фізики і хімії твердого тіла, кандидат фізико - математичних наук, доцент.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Фізики і хімії твердого тіла

Протокол від “ ____ ” _____ 2019 р. № ____

Завідувач кафедри Фізики і хімії твердого тіла

(підпис) (Прокіпів В.В.)
(прізвище та ініціали)

“ ____ ” _____ 2019 р.

Схвалено методичною комісією факультету, інституту.

Протокол від “ ____ ” _____ 2019 р. № ____

“ ____ ” _____ 2019 р.

Голова _____ (Яцура М.М.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 6	Галузь знань: <u>10 природничі науки</u> (шифр і назва)	Нормативна (за вибором)	
Модулів – 1	Спеціальність: <u>104 фізика та астрономія</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		2-й	___-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання		Семестр	
Загальна кількість годин - 180		3-й	___-й
Тижневих годин для денної форми навчання: <u>4</u> аудиторних – <u>4</u> самостійної роботи студента – <u>6</u>	Освітньо-кваліфікаційний рівень: <u>бакалавр</u>	Лекції	
		30 год.	___ год.
		Практичні, семінарські	
		___ год.	___ год.
		Лабораторні	
		30 год.	___ год.
		Самостійна робота	
		<u>120</u> год.	___ год.
Індивідуальні завдання:			
___ год.			
Вид контролю: <u>залік</u>			

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 0,6

для заочної форми навчання –

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета курсу: Інтерес до створення структур із розмірами елементів у області нанометрів і великою густиною таких елементів ($\sim 10^{11}$ - 10^{12} см⁻²) проявився у 90-х рр. минулого століття у зв'язку з виявленням у таких системах квантово-розмірних ефектів. У зв'язку із цим для студентів фізичних спеціальностей вводиться окремий курс „Методи отримання наноматеріалів”.

Метою викладання дисципліни є ознайомлення студентів з новими можливостями сучасної фізики, зокрема, матеріалознавства, завдяки переходу від макро- спочатку до мікро-, а тепер і до наносвіту. У курсі розглянуті питання, які торкаються класифікації наноматеріалів, методів їх отримання, дослідження, а також розглянуто існуючі та перспективні напрямки практичного застосування матеріалів нанорозмірів.

Курс дозволяє розширити світогляд студента та виробити навички для самостійної роботи.

Завдання курсу:

У результаті вивчення курсу студент має набути таких компетенцій: знання про класифікацію та поділ напівпровідникових квантових структур на нульвимірні, одновимірні та двовимірні; основні фізичні явища та особливості перебудови енергетичного спектру в низькорозмірних напівпровідникових системах; особливості прояву квантово-розмірних ефектів в нульвимірних, одновимірних та двовимірних структурах; явище квантування енергетичного спектру електронів в сильних магнітних полях як в об'ємних напівпровідниках, так і в двовимірних системах; оптичні процеси за участю екситонних збуджень в квантових точках різного радіуса; основні технологічні методи одержання квантових шарів, нанониток, наночастинок та надграток; класифікацію напівпровідникових надграток та їхні фізичні властивості; можливості практичного застосування напівпровідникових квантових структур і надграток в опто-, мікро-, наноелектроніці та сучасних технологіях.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

знати

- існуючу класифікацію наноматеріалів;
- основні принципи практичного отримання нанорозмірних матеріалів;
- фізичну суть сучасних методів дослідження наноматеріалів;
- властивості, технологічні аспекти отримання та застосування окремих класів наноматеріалів, зокрема, фулеренів;
- основні закони теоретичного опису наноструктур та аналізу їх властивостей.

вміти

- використовувати отримані знання для розв'язання сучасних задач;
- прогнозувати підходи щодо отримання новітніх матеріалів із наперед заданими фізичними властивостями;
- практично застосовувати свої знання щодо оптимізації фізичних властивостей базових матеріалів сучасної електроніки при пониженні їх розмірності;
- уміти користуватися набутими знаннями при розгляді різноманітних практичних задач;
- самостійно підготувати та зробити доповідь по сучасному стану нанорозмірного матеріалознавства, використовуючи самостійний літературний пошук.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Класифікація та властивості наноматеріалів

- Тема 1.** „Квантові точки, квантові нитки, квантові стінки”.
- Тема 2.** „Класифікація наноматеріалів. Віскери, високотемпературні надпровідники. Фотонні кристали. Нанотрубки”
- Тема 3.** „Розмірні ефекти, квантово-розмірні ефекти”
- Тема 4.** „ Фізичні основи квантово-розмірних структур”
- Тема 5.** „Густина станів у низькорозмірних системах”
- Тема 6.** „Алмази і алмазоподібні матеріали”
- Тема 7.** „Технологія алмазів і алмазоподібних матеріалів”
- Тема 8.** „Фулерени і матеріали на їх основі. Вуглецеві нанотрубки ”
- Тема 9.** „Фрактали у фізиці твердого тіла”
- Тема 10.** „Моно- і мультифрактали. Фрактальні агрегати ”

Змістовий модуль 2. Прикладні аспекти нанотехнологій

- Тема 11.** „Методи синтезу наноматеріалів”
- Тема 12.** „Отримання напівпровідникових наноматеріалів: літографія, епітаксія”
- Тема 13.** „Самоорганізація та самозбірка у нанотехнологіях. Основні властивості самоорганізованих систем”.
- Тема 14.** „Використання самоорганізації в нанотехнологіях”
- Тема 15.** „Методи хімічного збирання поверхневих наноструктур”
- Тема 16.** „Отримання гетероструктур з квантовими точками”
- Тема 17.** „Методи отримання вуглецевих наноматеріалів”
- Тема 18.** „Дослідження топографії поверхні твердих тіл методом атомно-силової мікроскопії в контактному режимі”
- Тема 19.** „Дослідження топографії поверхні твердих тіл методом атомно-силової мікроскопії в безконтактному режимі”
- Тема 20.** „Принцип роботи і будова електронного просвічуючого мікроскопа у вивченні структури твердих тіл”
- Тема 21.** „Практичне застосування наноматеріалів. Одноелектронний транзистор. Квантовий комп'ютер”
- Тема 22.** „Гетероструктури – основа сучасних напівпровідникових технологій”
- Тема 23.** „Гетероструктури з квантовими ямами і над ґратками. Самоорганізація наночастинок”

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р		л	п	лаб	інд	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Фізика низько вимірних структур												
Тема 1. Квантові точки, квантові нитки, квантові стінки	6	1				5						
Тема 2. Класифікація наноматеріалів. Віскери, високотемпературні надпровідники. Фотонні кристали. Нанотрубки	7	2				5						
Тема 3. Розмірні ефекти, квантово-розмірні ефекти	7	2				5						
Тема 4. Фізичні основи квантово-розмірних структур	6	1				5						
Тема 5. Густина станів у низькорозмірних системах	6	1				5						
Тема 6. Алмази і алмазоподібні матеріали	6	1				5						
Тема 7. Технологія алмазів і алмазоподібних матеріалів	10	1		4		5						
Тема 8. Фулерени і матеріали на їх основі. Вуглецеві нанотрубки	8	1		2		5						
Тема 9. Фрактали у фізиці твердого тіла	8	1		2		5						
Тема 10. Моно- і мультифрактали. Фрактальні агрегати	8	1		2		5						
Разом за змістовим модулем 1	72	12		10		50						
Змістовий модуль 2. Прикладні аспекти нанотехнологій												
Тема 11. Методи синтезу наноматеріалів	8	2				6						
Тема 12. Отримання напівпровідникових наноматеріалів: літографія, епітаксія	8	1		2		5						
Тема 13. Самоорганізація та самозбірка у нанотехнологіях. Основні властивості	7	1				6						

самоорганізованих систем												
Тема 14. Використання самоорганізації в нанотехнологіях	8	1	2	5								
Тема 15. Методи хімічного збирання поверхневих наноструктур	10	1	4	5								
Тема 16. Отримання гетероструктур з квантовими точками	8	1	2	5								
Тема 17. Методи отримання вуглецевих наноматеріалів	10	1	4	5								
Тема 18. Дослідження топографії поверхні твердих тіл методом атомно-силовий мікроскопії в контактному режимі	10	1	4	5								
Тема 19. Дослідження топографії поверхні твердих тіл методом атомно-силовий мікроскопії в безконтактному режимі	10	1	4	5								
Тема 20. Принцип роботи і будова електронного просвічуючого мікроскопа у вивченні структури твердих тіл	8	1	2	5								
Тема 21. Практичне застосування наноматеріалів. Одноелектронний транзистор. Квантовий комп'ютер	7	1		6								
Тема 22. Гетероструктури – основа сучасних напівпровідникових технологій	7	1		6								
Тема 23. Гетероструктури з квантовими ямами і над ґратками. Самоорганізація наночастинок	7	1		6								
Разом за змістовим модулем 2	108	14	24	70								
Усього годин	180	26	34	120								

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Технологія алмазів і алмазоподібних матеріалів	4
2	Фулерени і матеріали на їх основі. Вуглецеві нанотрубки	2
3	Фрактали у фізиці твердого тіла	2
4	Моно- і мультифракталі. Фрактальні агрегати	2
5	Отримання напівпровідникових наноматеріалів: літографія, епітаксія	2
6	Використання самоорганізації в нанотехнологіях	2
7	Методи хімічного збирання поверхневих наноструктур	4
8	Отримання гетероструктур з квантовими точками	2
9	Методи отримання вуглецевих наноматеріалів	4
10	Дослідження топографії поверхні твердих тіл методом атомно-силовий мікроскопії в контактному режимі	4
11	Дослідження топографії поверхні твердих тіл методом атомно-силовий мікроскопії в безконтактному режимі	4
12	Принцип роботи і будова електронного просвічуючого мікроскопа у вивченні структури твердих тіл	2

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Квантові точки, квантові нитки, квантові стінки	5
2.	Класифікація наноматеріалів. Віскери, високотемпературні надпровідники. Фотонні кристали. Нанотрубки	5
3.	Розмірні ефекти, квантово-розмірні ефекти	5
4.	Фізичні основи квантово-розмірних структур	5
5.	Густина станів у низькорозмірних системах	5
6.	Алмази і алмазоподібні матеріали	5
7.	Технологія алмазів і алмазоподібних матеріалів	5
8.	Фулерени і матеріали на їх основі. Вуглецеві нанотрубки	5
9.	Фрактали у фізиці твердого тіла	5
10.	Моно- і мультифракталі. Фрактальні агрегати	5
11.	Тема 11. Методи синтезу наноматеріалів	6
12.	Тема 12. Отримання напівпровідникових наноматеріалів: літографія, епітаксія	5
13.	Тема 13. Самоорганізація та самозбірка у нанотехнологіях. Основні властивості самоорганізованих систем	6
14.	Використання самоорганізації в нанотехнологіях	5
15.	Методи хімічного збирання поверхневих наноструктур	5
16.	Отримання гетероструктур з квантовими точками	5
17.	Методи отримання вуглецевих наноматеріалів	5
18.	Дослідження топографії поверхні твердих тіл методом атомно-силовий мікроскопії в контактному режимі	5
19.	Дослідження топографії поверхні твердих тіл методом атомно-силовий мікроскопії в безконтактному режимі	5

20.	Принцип роботи і будова електронного просвічуючого мікроскопа у вивченні структури твердих тіл	5
21.	Практичне застосування наноматеріалів. Одноелектронний транзистор. Квантовий комп'ютер	6
22.	Гетероструктури – основа сучасних напівпровідникових технологій	6
23.	Гетероструктури з квантовими ямами і над ґратками. Самоорганізація наночастинок	6
	Разом	120

7
Методи навчання Лекції,

лабораторні заняття. На лекційних заняттях заплановано використання мультимедійної техніки.

8. Методи контролю

Навчальна дисципліна „Методи отримання наноматеріалів” оцінюється за модульно-рейтинговою системою. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100- бальною шкалою.

Залік виставляється у рейтинговій формі за результатами оцінювання студента протягом семестру.

У курсі заплановано виконання 12 лабораторних робіт, які оцінюються у 5 балів кожна. Максимально можна отримати при цьому – 60 балів.

Ще 40 балів студент може отримати за роботою при вивченні змістових модулів: 20 балів за перший змістовий модуль і 20 балів за другий.

У межах змістовних модулів передбачається теоретичний розгляд питань та проведення колоквиуму.

Форми поточного контролю: усне опитування матеріалу, який розглядався під час лекційних занять, оцінювання вивчення матеріалу, винесеного на самостійне опрацювання.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Приклад для заліку

Поточне тестування та самостійна робота		Лабораторні роботи	Сума
Змістовий модуль №1	Змістовий модуль № 2	T7- T10, T12, T14- T20	100
T1-T10	T11-T23		
20	20	60	

T1, T2 ... T23 – теми змістових модулів.

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	A	відмінно	зараховано
80 – 89	B	добре	
70 – 79	C		
60 – 69	D		
50 – 59	E	задовільно	не зараховано з можливістю повторного складання
26 – 49	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	

0-25	Ф	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни
------	---	--	---

10. Рекомендована література

Базова

1. Заячук Д.М. Нанотехнології і наноструктури. Львів: "Львівська політехніка", 2009. -580 с.
2. Ковальчук Б.М., Кремнев В.В. Сильноточные наносекундные коммутаторы. Новосибирск: Наука, 1979. -176 с.
3. Б.К.Остафійчук, І.М.Будзуляк, І.І.Григорчак, І.Ф.Миронюк. Наноматеріали в пристроях генерування і накопичення електричної енергії. Ів.-Франк.: ВДВ ЦІТ, 2007. -206 с.
4. Находкін М.Г., Шека Д.І. Фізичні основи мікро- та наноелектроніки. К.: Київський ун-т, 2005. -431 с.
5. Рагуля А.В., Скороход В.В. Консолидированные наноструктурные материалы. К.: Наукова думка, 2007. -376 с.
6. Большая книга о малом наномире. Луганск: Альма-матер, 2008. -531 с.
7. Грузинцев А.Н., Емельченко Г.А., Ермолаева Ю.В., и др. Материалы для нанофотоники: формирование и свойства наночастиц и наноструктур. Харьков: "ИСМА", 2010. -400 с.
8. Азаренко Н.А., Береснев В.М., Погребняк А.Д., та ін. Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии. Харків: ХНУ имени В.Н.Каразина, 2009. -209 с.
9. Фреїк Д.М., Никируй Л.І., Чобанюк В.М. Фізика твердого тіла. Лабораторний практикум. Частина 1. Кристалічна структура. Ів.-Франк.: ВДВ ЦІТ, 2009. -138 с.
10. Демиховский В.Я. Квантовые ямы, нити, точки: Что это такое?. Соросовский Образовательный Журнал. 1997. № 5. С. 80-86
11. Борисенко В.Е. Нанoeлектроника – основа информационных систем XXI века. Соросовский Образовательный Журнал. 1997. № 5. С. 100-104.
12. С.П.Губин. Химия кластеров. М.: Наука, 1987
13. Суздалев И.П., Суздаев П.И. Нанокластеры и нанокластерные системы. Успехи Химии - 2001. Т.70. №3. С.203-240
14. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології. К.: Академперіодика, 2004. -699 с.

Допоміжна

1. И.В. Медихов. Тенденции развития нанохимии // Рос. Хим. Ж. XLVI, № 5, 2002.
2. Е.Ф. Шека. Квантовая нанотехнология и квантовая химия // Рос. Хим. Ж. XLVI, № 5, 2002.
15. М. Роко. Перспективы развития нанотехнологии: национальный программы, проблемы образования // Рос. Хим. Ж. XLVI, № 5, 2002.
3. В.В. Жиков. Фракталы // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – С. 109-116
4. А.А. Малыгин. Поверхности и нанотехнология // Соросовский образовательный журнал. – Т. 8, № 1. – 2004. – С. 109-116
5. Б.И. Белявский. Физические основы полупроводниковой наноэлектроники // Соросовский образовательный журнал. – Т. 8, № 2. – 1998. – С. 92-98
6. Фреїк Д. М.
7. Напівпровідникові наноматеріали, нанотехнології та наноелектроніка//.-Ів.-Франківськ:Плай,2008.-№1(1) .-//ЧислоС. 74-112
8. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології [Текст]: зб. наук. праць. Т.7, Вип.3. -К.: ПВВ ІМФ, 2009. -308 с.
9. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології [Текст]: зб. наук. праць. Т.7, Вип.2. -К.: ПВВ ІМФ, 2009. -318 с.

11. Інформаційні ресурси

1. <http://lib.pu.if.ua/> – наукова бібліотека Прикарпатського національного університету імені Василя

Стефаника.

2. <http://www.nbuv.gov.ua/> – Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського.
3. <http://www.springer.com/?SGWID=5-102-0-0-0> - Доступ до колекції журналів Springer Journal Collection.
4. <http://www.sciencedirect.com> - Інформаційні продукти Elsevier sciencedirect
5. <http://www.scopus.com/home.url> - Scopus.Наукометрична реферативна база даних 38 млн. записів про публікації світового репертуару
6. <http://search.epnet.com/> - Бази даних Academic Search Premier; Inspec; Library, Information Science & Technology Abstracts; MEDLINE; Newspaper Source
7. Зібрання журналів американських наукових товариств
American Chemical Society: <http://pubs.acs.org/about.html>
American Institute of Physics: <http://journals.aip.org/>
American Physical Society: <http://publish.aps.org/>
American Society of Mechanical Engineers: <http://www.asmedl.org/journals/doc/ASMEDL-home/jrnls/>