

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ІВАНА ФРАНКА
Кафедра фізики твердого тіла

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан фізичного факультету

проф. Якібчук П.М.

червень 2017 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
НАНОТЕХНОЛОГІЇ І МЕТОДИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ НАНОСТРУКТУР

галузь знань:	10 Природничі науки
спеціальність:	105 Прикладна фізика та наноматеріали
спеціалізація:	фізика напівпровідників і діелектриків, фізика металів
факультет:	фізичний

Робоча програма навчальної дисципліни **“Нанотехнології і методи візуалізації наноструктур”** для підготовки доктора філософії з природничих наук за спеціальністю 104 Фізика та астрономія, 2017. – 7 с.

Розробник:

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики твердого тіла Турко Б. І.

Програма затверджена на засіданні кафедри фізики твердого тіла

Протокол № 16 від 23.06.2017

Завідувач кафедри фізики твердого тіла

 В. Б. Капустяник

Схвалено Вченою радою фізичного факультету

Протокол № 5 від 24.06.2017

Голова Вченої ради фізичного факультету

 П. М. Якібчук

1. Опис навчальної дисципліни

(Витяг з робочої програми навчальної дисципліни “**Нанотехнології і методи візуалізації наноструктур**”)

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів – 3	Галузь знань: <i>10 Природничі науки</i>	<i>Денна форма навчання</i>
Модулів – 1	Спеціальність: <i>105 Прикладна фізика та наноматеріали</i>	<i>Вибіркова</i>
Блоків змістових модулів – 1		Рік підготовки – <i>другий</i>
Загальна кількість годин – 90	Спеціалізація: <i>Фізика напівпровідників і діелектриків, Фізика металів</i>	Семестр – 4
Тижневих годин: аудиторних – 3 самостійної роботи – 2,625		Лекції – 32 год
	Освітньо-кваліфікаційний рівень: <i>доктор філософії</i>	Практичні – 16 год
		Самостійна робота – 42 год
		Вид контролю – <i>іспит</i>

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить – 1,143.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою і завданням навчальної дисципліни “Нанотехнології і методи візуалізації наноструктур” є формування необхідних теоретичних знань і практичних навиків, які дозволять створювати та інтерпретувати якісні і кількісні характеристики низькорозмірних систем з унікальними фізичними властивостями, виводити закономірності між хімічним складом, кристалічною та електронною структурою і фізичними властивостями таких матеріалів, що в подальшому стане цінним інструментом під час виконання дисертаційних робіт.

В результаті вивчення цього курсу аспірант повинен

знати:

технології вирощування нуль-, одно-, дво- та тримірних об'єктів, можливості сучасних методів мікроскопії, розуміти принципи роботи електронних та зондових мікроскопів.

вміти:

створювати об'єкти з різною розмірністю, досліджувати їхню морфологію та хімічний склад мікроскопічними та спектральними методами.

Навчальний курс охоплює **3 кредити (90 год)**. Курс складається з 32 год лекційних занять, 16 год практичних занять та 42 год самостійної роботи. Тижневе навантаження аспіранта складає 3 год аудиторних занять та 2,625 год самостійної роботи.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Методи отримання нанорозмірних матеріалів.

Вступ.

Перспективи використання наноматеріалів. Історія розвитку нанотехнологій і методів візуалізації наноструктур. Загальна характеристика нанотехнологій та наноматеріалів.

Тема 1. Фізичні методи синтезу наноматеріалів. Механічні методи синтезу наноструктур. Методи засновані на випаровуванні вихідних реагентів. Осадження розпиленням. Хімічне вакуумне осадження (CVD). Електродугове осадження. Іонно-променеві методи (іонна імплантація). Молекулярно-променева епітаксія (MBE).

Тема 2. Хімічні методи синтезу наноматеріалів. Колоїди і колоїди в розчинах. Зародження і ріст наночастинок. Колоїдний синтез металевих наночастинок. Колоїдний синтез напівпровідникових наночастинок. Метод Ленгмюра - Блоджетт (LB). Мікроемульсії. Золь-гель метод. Гідротермічний синтез. Сонохімічний метод. Мікрохвильовий синтез. Синтез з використанням мікрореакторів.

Тема 3. Біологічні методи синтезу наноматеріалів. Синтез з використанням мікроорганізмів. Синтез з використанням рослинних екстрактів. Синтез з використанням білків, ДНК та біологічних тканин.

Тема 4. Самозбірка. Механізм самозбірки. Самозбірка наночастинок за допомогою органічних молекул. Самозбірка в біологічних системах. Самозбірка в неорганічних матеріалах.

Змістовий модуль 2. Методи візуалізації наноструктур.

Тема 5. Оптичні методи візуалізації наноструктур. Оптична мікроскопія. Конфокальна мікроскопія. Методи лінійної оптики (еліпсометрія). Оптична спектроскопія.

Тема 6. Рентгеноструктурний аналіз. Метод гармонічного аналізу. Малокутове розсіювання рентгенівських променів. Визначення товщини і кількості шарів в багатошарових наноматеріалах (надгратках).

Тема 7. Просвітлюючий електронний мікроскоп (ПЕМ). Дифракція електронів. Будова ПЕМ. Механізми контрасту. Електронна мікроскопія високої напруги. Приготування зразків для ПЕМ.

Тема 8. Сканувальний електронний мікроскоп (СЕМ). Принцип роботи. Отримання сигналу в СЕМ. Оптика СЕМ. Граничне розділення СЕМ. Топографічні зображення. Композиційні зображення. Кристалографічна орієнтація в СЕМ. Використання інших сигналів у СЕМ. Приготування зразків для дослідження СЕМ. Мікроскопія низьких напруг. Сканувальна електронна мікроскопія у середовищі.

Тема 9. Зондова мікроскопія. загальні принципи і поняття сканувальної зондової мікроскопії. Сканери зондових мікроскопів. Сканувальна тунельна мікроскопія. Сканувальна силова мікроскопія. Розділення у зондовій мікроскопії. Приготування зразків для зондової мікроскопії.

Тема 10. Доповнюючі методики отримання зображення наноматеріалів та альтернативні системи аналізу. Польова юнна мікроскопія. Польовий юнний мікроскоп з атомним зондом. Мас-спектроскопія вторинних іонів. Спектроскопія резерфордівського зворотного розсіяння. Фотоелектронна та оже-електронна спектроскопії. раманівська спектроскопія.

4. Структура навчальної дисципліни

№	Назви змістових модулів і тем	Кількість годин			
		лк	пр	лаб	ср
МОДУЛЬ 1					
Змістовий модуль 1. Методи отримання нанорозмірних матеріалів					
1	Фізичні методи синтезу наноматеріалів.	8	6	–	8
2	Хімічні методи синтезу наноматеріалів.	4	2	–	3
3	Біологічні методи синтезу наноматеріалів.	2	–	–	5
4	Самозбірка.	2	–	–	5
	<i>Разом – зм. модуль1</i>	16	8	–	21
Змістовий модуль 2. Методи візуалізації наноструктур					
1	Оптичні методи візуалізації наноструктур.	2	2	–	3
2	Рентгеноструктурний аналіз.	2	–	–	4
3	Просвітлюючий електронний мікроскоп (ПЕМ).	2	2	–	3
4	Сканувальний електронний мікроскоп (СЕМ).	4	2	–	3
5	Зондова мікроскопія.	4	2	–	3
6	Доповнюючі методики отримання зображення наноматеріалів та альтернативні системи аналізу.	2	–	–	5
	<i>Разом – зм. модуль2</i>	16	8	–	21
	ВСЬОГО	32	16	–	42

5. Теми практичних занять

№	Назва теми	Кількість годин
МОДУЛЬ 1		
1	Техніка для отримання і вимірювання вакууму. Методи оброблення і очищення поверхонь твердих тіл.	2
2	Отримання тонких плівок методами термічного випаровування та іонного розпилення.	2
3	Методи визначення товщини тонких плівок.	2

4	Гідротермічний синтез наноматеріалів.	2
5	Характеризація нанооб'єктів методами оптичної спектроскопії.	2
6	Дослідження кристалічної структури тонких плівок за допомогою електроннографа ЕПР-100	2
7	Дослідження нанооб'єктів за допомогою растрового електронного мікроскопа-мікроаналізатора РЕММА-102-02.	2
8	Дослідження нанооб'єктів за допомогою атомно-силового мікроскопа Solver P47-PRO.	2
	ВСЬОГО	16

6. Методи навчання

Використовуються такі методи навчання:

- а) *словесні* – лекція, пояснення, бесіда, інструктаж (вступний та поточний) під час виконання лабораторних робіт;
- б) *наочні* – ілюстрування лекційного матеріалу таблицями, схемами та графіками;
- в) *практичні* – виконання практичних робіт, що передбачає організацію навчальної роботи для отримання нових знань, перевірки певних наукових гіпотез на рівні досліджень, узагальнень та аналізу та формування вмій і навичок інтерпретації результатів досліджень різноманітних об'єктів.

7. Розподіл балів, що присвоюються студентам

Контроль знань здійснюється за результатами іспиту.

Шкала оцінювання: вузу, національна та ECTS

Оцінка ЄКТС	Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	
		Екзамен	
A	90–100	5	відмінно
B	81–89	4	дуже добре
C	71–80		добре
D	61–70	3	задовільно
E	51–60		достатньо

8. Рекомендована література

Базова:

1. Тузяк О. Я., Курляк В. Ю. Основи електронної та зондової мікроскопії: Навч. посібник. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. - 296 с.
2. Sulabha K. Kulkarni Nanotechnology: Principles and Practices. 3rd Ed. –New Delhi: Co-published by Springer International Publishing, Cham, Switzerland, with Capital Publishing Company, 2015 – 403 p.
3. Заячук Д. М. Низькорозмірні структури і надгратки: Навч. посібник. – Львів: В-во «Львівська політехніка», 2006. - 220 с.
4. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури: Навч. посібник. – Львів: В-во «Львівська політехніка», 2009. - 580 с.
5. Поплавко Ю. М. Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка: Навч. посібник. – Київ: В-во «КІП», 2012. - 300 с.

6. Мартинес-Дуарт Дж. М. и др. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. Издание 2-е, дополненное. – Москва: Техносфера, 2009. - 368 с.
7. Гасумянц В. Э., Лыков С. Н., Пшенай-Северин Д. А., Рыков С. А., Фирсов Д. А. Размерное квантование. Часть 1 / Под ред. С.Н.Лыкова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 264 с.
8. Гасумянц В. Э. Размерное квантование. Часть 2. Оптические и кинетические свойства полупроводниковых наноструктур : учеб. пособие / В. Э. Гасумянц, С. Н. Лыков, Д. А. Пшенай-Северин, Д. А. Фирсов. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 242 с.
9. Комков О. С., Пихтин А. Н. Физика квантово-размерных наноструктур: КБЗ Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. 58 с.
10. Назаров О. М., Нищенко М. М. Наноструктури та нанотехнології: Навч. посібник. – Київ: НАУ, 2010. - 256 с.
11. Неверов В. Н., Титов А. Н. Физика низкоразмерных систем: Учебное пособие. - Екатеринбург: Изд-во УрГУ им. А. М. Горького, 2008. — 232 с.

Допоміжна:

Періодичні видання:

1. Журнал фізичних досліджень.
2. Вісник Львівського університету. Серія фізична.
3. Nano Today.

Інформаційні ресурси:

1. www.nanohub.org
2. www.znannya.org
3. <http://nauka.name/>
4. www.skybox.net.ua
5. www.nbuiv.gov.ua/portal/natural/nano/