

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

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор _____

“ 30 ” серпня 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фрактали у фізиці твердого тіла

Освітня програма	Прикладна фізика та наноматеріали
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Галузь знань	10 Природничі науки

Івано-Франківськ
2022

Робоча програма спецкурсу «Фрактали у фізиці твердого тіла»
для підготовки здобувачів третього рівня вищої освіти – доктора філософії
спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали. “26” серпня 2022 р.

Розробники:

Рачій Богдан Іванович, професор кафедри матеріалознавства і новітніх
технологій, доктор фізико-математичних наук, старший дослідник.

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
Кількість кредитів – 3	Галузь знань 10 Природничі науки	За вибором
Модулів – 1	Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали	Рік підготовки:
Змістових модулів – 2		II
Індивідуальне науково-дослідне завдання – проєкт		Семестр
Загальна кількість годин –90		III
		Лекції
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 4	третій освітньо-науковий рівень – <u>доктор філософії</u>	20 год.
		Семінарські
		10 год.
		Лабораторні
		Самостійна робота
		60 год.
	Індивідуальні завдання: __ год.	
	Вид контролю: __екзамен__	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: $30/60=0,5$

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: вивчення навчальної дисципліни є комплексне розуміння особливостей макро-, мікро- та нанопороутворення в системах, отриманих в різних фізико-технологічних умовах, ознайомлення із результатами дослідження кінетики та механізмів еволюції пористої структури в конденсованих і композиційних системах під впливом ізотермічної та термоциклічної дії.

Завданням: вивчення дисципліни є формування у здобувачів освіти уявлень про багаторівневі фрактальні нанорозмірні системи, самоорганізацію структур з фрактальною та евклідовою розмірностями, генезис пористості в твердому тілі та ознайомлення із експериментальними методами дослідження фрактальних структур.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен **знати:** поняття фрактал, монофрактал, мультифрактал, історію створення теорії фракталів, основні властивості фізичних фракталів, визначення та класифікацію фрактальних розмірностей, приклади фракталів у фізиці твердого тіла та навколишньому світі; методи дослідження структури, складу і фізичних властивостей твердих тіл; механізми формування фрактальних нанорозмірних структур; процеси на поверхні та в об'ємі твердих тіл; теоретичні основи зародження і росту наночастинок; сучасні тенденції в розвитку фізики твердого тіла; поняття самоподібності та самоафінності, властивості та приклади регулярних, нерегулярних випадкових і товстих фракталів; властивості та приклади мультифракталів; поняття фрактальних сигналів і процесів, основні методи їх описання та моделювання;

вміти: обчислювати фрактальні розмірності модельних фракталів, проводити фрактальний і мультифрактальний аналізи наноматеріалів, використовуючи експериментальні методи та можливості комп'ютерної техніки, давати фізичне тлумачення отриманих результатів; проводити фрактальний аналіз реальних двовимірних фізичних об'єктів; самостійно освоювати і застосовувати результати експериментальних і теоретичних досліджень в області фізики твердого тіла і наноматеріалів; самостійно вибирати методи і об'єкти досліджень;

володіти: стандартною термінологією, визначеннями і позначеннями; методами обґрунтованого вибору дослідницького обладнання, оцінкою ефективності його роботи та адекватності поставленої конкретної задачі; методами аналізу і оцінки отриманих результатів та аргументацією для підтвердження зроблених на їх основі висновків та прийнятих рішень; раціональними методами аналізу та обробки науково-технічної інформації.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Фрактальні наносистеми і нанокompозити

Вступ. Фрактальна агрегація у найпростіших колоїдних системах. Фрактальні системи. Фрактальні кластери. Класифікація фрактальних систем. Геометричні фрактали. Фрактальна розмірність. Фрактальні агрегати. Масові та поверхневі фрактали та їх кількісні характеристики. Кореляційна функція. Фізичні

фрактали. Процеси фрактальної агрегації при синтезі матеріалів. Моделі типу кластер-частинка. Кластер-кластерні моделі. Кінетика кластер-кластерної агрегації. Модель хімічно обмеженої агрегації. Модель кластер-кластерної агрегації з урахуванням дальнього ефекту притягання.

Процеси самоорганізації структур з фрактальною розмірністю. Особливості формування структури у нерівноважних умовах. Дисипативні структури. Використання методів фрактальної геометрії для різних рівнів організації. Фрактальні структури мезомасштабного рівня.

Експериментальні методи дослідження фрактальних структур. Параметри структури однорівневих фрактально організованих матеріалів. Визначення кількісних характеристик структури багаторівневих фрактально організованих систем методом малокутового розсіювання. Оцінка масової фрактальної розмірності за значенням густини агрегату.

Змістовий модуль 2. Наномасштабний рівень структурної організації

Нанокластерний стан матеріалів. Моделювання структури малоатомних кластерів. Кластерні неоднорідності структури. Кластеризація та самоорганізація структури під впливом водню. Паракристали. Нанокристалічний структурний стан матеріалів. Розмірні ефекти. Структурний стан границь у нанокристалічних матеріалах. Основні дифракційні співвідношення в аналізі багаторівневої структури гетерогенних наноматеріалів та композитів. Загальні дифракційні співвідношення для гетерогенних систем. Класифікація гомогенних структур: ідеальна кристалічна структура; ідеальна паракристалічна структура; паракристалічна структура загального типу; розупорядкована аморфна структура. Застосування дифракційних співвідношень до опису структур різної впорядкованості та гетерогенності. Малокутове розсіювання багаторівневими наносистемами та наноконкомпозитами.

Багаторівневі фрактальні нанорозмірні системи. Дослідження фрактальної структури багаторівневих систем методом малокутового рентгенівського розсіювання. Наноалмази вибухового синтезу. Золь-гель наноконкомпозити. Вплив міжфазних шарів на малокутове розсіювання у наноконкомпозиційних системах. Класифікація моделей міжфазних шарів.

Загальні уявлення про генезис пористості у твердому тілі. Пори як фазово-структурні неоднорідності макро-, мікро- та наносистем. Вільний об'єм у твердому тілі. Густина пористих та сипучих матеріалів. Пористість матеріалів. Типи пор та моделі пористих систем. Фактори, що визначають морфологію пор. Способи локалізації пор у матеріалах.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
лек.		пр. (сем.)	лаб.	інд.	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1. Фрактальні наносистеми і нанокompозити						
Тема 1. Фрактальні системи і фрактальні агрегати.	9	2	1	–	–	6
Тема 2. Загальні уявлення про формування структур з фрактальною та евклідовою розмірностями	9	2	1	–	–	6
Тема 3. Експериментальні методи дослідження фрактальних структур	9	2	1	–	–	6
Тема 4. Процеси самоорганізації та фрактальні структури	9	2	1	–	–	6
Тема 5. Нанокластерний стан матеріалів	9					
Змістовий модуль 2. Наномасштабний рівень структурної організації						
Тема 6. Нанокристалічний структурний стан матеріалів	9	2	1	–	–	6
Тема 7. Основні дифракційні співвідношення в аналізі багаторівневої структури гетерогенних наноматеріалів та композитів	9	2	1	–	–	6
Тема 8. Багаторівневі фрактальні нанорозмірні системи	9	2	1			6
Тема 9. Пористі матеріали. Фрактальні моделі пористих матеріалів	9	2	1	–	–	6
Тема 10. Загальні представлення про генезис пористості в твердому тілі.	9	2	1	–	–	6
Усього годин	90	20	10	–	–	60

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Змістовий модуль 1. Фрактальні наносистеми і нанокompозити		
1	Фрактальні системи і фрактальні агрегати.	1
2	Загальні уявлення про формування структур з фрактальною та евклідовою розмірностями	1
3	Експериментальні методи дослідження фрактальних структур	1
4	Процеси самоорганізації та фрактальні структури	1
5	Нанокластерний стан матеріалів	1
Змістовий модуль 2. Наномасштабний рівень структурної організації		
6	Нанокристалічний структурний стан матеріалів	1
7	Основні дифракційні співвідношення в аналізі багаторівневої структури гетерогенних наноматеріалів та композитів	1
8	Багаторівневі фрактальні нанорозмірні системи	1
9	Пористі матеріали. Фрактальні моделі пористих матеріалів	1
10	Загальні представлення про генезис пористості в твердому тілі.	1
	Усього годин	10

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Фрактальні системи і фрактальні агрегати.	6
2	Загальні уявлення про формування структур з фрактальною та евклідовою розмірностями	6
3	Експериментальні методи дослідження фрактальних структур	6
4	Процеси самоорганізації та фрактальні структури	6
5	Нанокластерний стан матеріалів	6
6	Нанокристалічний структурний стан матеріалів	6
7	Основні дифракційні співвідношення в аналізі багаторівневої структури гетерогенних наноматеріалів та композитів	6
8	Багаторівневі фрактальні нанорозмірні системи	6
9	Пористі матеріали. Фрактальні моделі пористих матеріалів	6
10	Загальні представлення про генезис пористості в твердому тілі.	6
	Усього годин	60

7. Методи контролю

- Перевірка засвоєння теоретичного матеріалу, в т. ч методом тестування.
- Перевірка якості виконання практичних робіт.
- Іспит.

8. Розподіл балів, які отримують аспіранти

Поточне тестування, семінарські заняття та самостійна робота										
Змістовий модуль №1					Змістовий модуль №2					Екзамен
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	50
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	

T1, T2 ... – 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	
26 – 49	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-25	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

9. Методичне забезпечення

- 1) Лекції, завдання для практичних робіт.
- 2) Програмне забезпечення: навчально-контролюючі програми з кожної теми курсу.

10. Рекомендована література

Базова

1. Аморфні та мікрокристалічні матеріали. Навчально-методичний посібник / І.П. Яремій, Р.В. Ільницький, С.І. Яремій – Івано-Франківськ, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2011. – 62 с.
2. Шпак А. П. та ін. Діагностика наносистем / А.П. Шпак, Ю.А. Куницький, С.Ю. Смик. – К.: Академперіодика, 2003. – 148 с.
3. І.П. Яремій Структура і властивості аморфних матеріалів. / Івано-Франківськ, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2014. – 120 с.
4. Ющенко, К.А. Інженерія поверхні [Текст] : Підручник для студентів навчальних закладів / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, та інш.; – К.: Наук. думка, 2007. – 558 с.
5. Харламов, Ю.О. Фізика, хімія та механіка поверхні твердого тіла [Текст]: Навчальний посібник / Ю.О. Харламов, М.А. Будаг'янц - Луганськ: Вид-во СУДУ, 2000. - 624 с.
6. Кузнецов, В.Д. Фізико-хімічні основи інженерії поверхні [Текст]: Навч. посібник / В.Д. Кузнецов, К.А. Ющенко, Ю.С. — Київ: ВІПОЛ, 2005. - 372 с.
7. Шпак А. П. и др. Материалы с нано- и квазикристаллической структурой / А.П. Шпак, В.Н. Коржик, Ю.А. Куницкий, О.А. Шматко – К.: 2004. – 110 с.
8. Шпак А. П. Кластерные и наноструктурные материалы / А. П. Шпак, Ю. А. Куницкий, В. Л. Карбовский. – К. : Академперіодика, 2001. – 588 с.
9. Шпак А.П., Шилов В.В., Шилова О.А., Куницкий Ю.А. Диагностика наносистем. Многоуровневые фрактальные наноструктуры. (ч. II). - К., 2004, - 112 с.
10. Кластерные и наноструктурные материалы. Т. 3. Пористость как особое состояние самоорганизованной структуры в твердотельных наноматериалах / А.П. Шпак, П.Г. Черемской, Ю.А. Куницкий, О.В. Соболев – К.: И.Д. «Академперіодика», 2005. – 516 с.