

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДВНЗ «ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНИКА»  
Фізико-технічний факультет  
Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

## СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Фрактали у фізиці твердого тіла

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Освітня програма	Прикладна фізика та наноматеріали
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Галузь знань	10 Природничі науки

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 1 від “30” серпня 2021 р.

м. Івано-Франківськ – 2021

<b>1. Загальна інформація</b>	
Назва дисципліни	Фрактали у фізиці твердого тіла
Викладач (-і)	професор кафедри матеріалознавства і новітніх технологій, доктор фізико-математичних наук, старший дослідник Рачій Богдан Іванович контакти: ауд. 02 (ц.к.)
Контактний телефон викладача	(0342) 59-61-43
E-mail викладача	bogdan.rachiy@pnu.edu.ua
Формат дисципліни	очний
Обсяг дисципліни	3 кредити ЄКТС, 90 год.
Посилання на сайт дистанційного навчання	<a href="https://d-learn.pnu.edu.ua/">https://d-learn.pnu.edu.ua/</a>
Консультації	щотижня
<b>2. Анотація до навчальної дисципліни</b>	
<p>Курс "Фрактали у фізиці твердого тіла" дозволяє здобувачам вищої освіти поглиблено вивчити фізичні основи флуктуаційного зародження впорядкованих низькорозмірних структур, їх фрактального опису та різних методів дослідження. В процесі вивчення дисципліни обґрунтовується концепція представлення пор та їх вільного об'єму, як фазово-структурних неоднорідностей твердого тіла. Викладено сучасні уявлення про способи локалізації та розподілу пор в аморфних і кристалічних матеріалах, морфології та класифікації пор, види пористості та механізми процесів їх утворення.</p>	
<b>3. Мета та цілі навчальної дисципліни</b>	
<p>Метою 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.</p> <p>Основними цілями 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.</p> <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен</p> <p><b>знати:</b> 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;</p> <p><b>вміти:</b> 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.</p> <p><b>володіти:</b> стандартною термінологією, визначеннями і позначеннями; методами обґрунтованого вибору дослідницького обладнання, оцінкою ефективності його роботи та</p>	

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.

#### **4. Загальні і фахові компетентності**

ЗК.1. Розуміння концептуальних та методологічних засад у галузі науково-дослідної та/або професійної діяльності.

ЗК.2. Здатність розв'язувати значущі наукові проблеми, переосмислення наявне та створювати нове цілісне знання та/або професійну практику.

ЗК.7. Здатність безперервно саморозвиватися і самовдосконалюватися, застосовувати технології професійної самоорганізації та самоменеджменту як складових професійного розвитку.

ЗК.9. Здатність до роботи у команді, використання адекватних методів ефективної взаємодії із різних (професійних, соціальних та культурних груп).

ЗК.10 Здатність формувати дослідницьке поле власного наукового дослідження відповідно до сучасної парадигми наукового знання.

ФК.1. Здатність реалізувати самостійну науково-дослідницьку та науково-педагогічну діяльність у галузі прикладної фізики та нанотехнологій з використанням новітніх наукових знань.

ФК.2. Здатність формулювати основні атрибути прикладної фізичної задачі, будувати її модель, визначати завдання фізичного дослідження.

ФК.3. Здатність аналізувати і узагальнювати результати сучасних досліджень у галузі, адаптувати їх для вирішення наукових і прикладних проблем у галузі прикладної фізики.

ФК.4. Здатність здійснювати теоретичні та експериментальні наукові дослідження, застосувати їх методи, трактувати отримані результати, виявляти властивості та характеристики об'єктів дослідження у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

ФК.5. Здатність створювати та аналізувати різні моделі фізичних систем, оцінювати адекватність їх щодо фізичних явищ і процесів, для пояснення для яких ці моделі створювалися.

ФК.7 Володіти сучасними експериментальними методами дослідження матеріалів, в тому числі наноструктурованих, методами опрацювання результатів експерименту за допомогою уніфікованих та специфічних програмних середовищ, сучасними способами представлення результатів дослідження.

ФК.8. Здатність працювати з науково-технічною документацією, оформляти результати наукових досліджень, зокрема власних.

ФК.11. Викладацькі здатності. Компетентність правильно використовувати набуті знання і навички у викладацькій діяльності та при роботі у науково-дослідних лабораторіях.

#### **5. Програмні результати навчання**

ПРН.1. У результаті навчання здобувачі повинні набути знання і вміння, які дозволяють застосовувати сучасні концептуальні поняття у галузі фізики, прикладної фізики, суміжних галузей знань, зокрема, методології та принципів побудови наукових досліджень, для здійснення професійної діяльності.

ПРН.2. Знання – фундаментальних праць провідних вітчизняних і зарубіжних вчених у галузі прикладної фізики і суміжних наук.

ПРН.3. Знання поглибленого рівня у сфері фізики, технології речовин і матеріалів, сучасних методів дослідження їх властивостей.

ПРН.6. Прогнозувати результати виконання наукового проекту, новизну практичну цінність ініціювати та проводити комплексні дослідження у галузі, які проводять до отримання нових знань.

ПРН.7. Використовувати інформаційно-комунікаційні технології у науковій та викладацькій діяльності, володіти навичками етичної поведінки в інформаційно-комунікаційному середовищі.

ПРН.11. Оцінювати кращі європейські практики, сучасні цифрові ресурси та інструменти на предмет їх застосування для освітньо-наукових цілей.

ПРН.12. Проводити математичне, аналітичне та комп'ютерне моделювання здійснювати статистичні обчислення або чисельні розрахунки, порівнювати їх результати із експериментами даними для більш повного опису досліджуваних систем.

ПРН.14. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми правової сфери державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.

ПРН.16. Робити огляд та пошук інформації в спеціалізованій літературі, використовуючи різноманітні ресурси: журнали, бази даних, онлайн-ресурси.

ПРН.17. Ясно та ефективно описувати інтенсивні, глибокі й деталізовані результати наукової роботи державною та іноземною мовами. Вести спеціалізовані наукові семінари та публікувати наукові статті в провідних наукових журналах.

ПРН.20. Здатність правильно вибрати стратегію синтезу та дослідження наноматеріалів з точки зору їх практичного застосування в заданих умовах з повним уявленням про загальні підходи створення і отримання нових ультрадисперсних матеріалів із заданими властивостями.

ПРН.21. Здатність правильно використовувати набуті знання і навички у викладацькій діяльності та при роботі у науково-дослідних лабораторіях.

## 6. Організація навчання

### Обсяг навчальної дисципліни

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	20
семінарські	10
самостійна робота	60

### Ознаки навчальної дисципліни

Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий
3	Прикладна фізика та наноматеріали	2	вибірковий

### Тематика навчальної дисципліни

Тема	кількість годин		
	лекції	семінарські	сам. роб.
Тема 1. Фрактальні системи і фрактальні агрегати.	2	1	6
Тема 2. Загальні уявлення про формування структур з фрактальною та евклідовою розмірностями	2	1	6
Тема 3. Експериментальні методи дослідження фрактальних структур	2	1	6
Тема 4. Процеси самоорганізації та фрактальні структури	2	1	6
Тема 5. Нанокластерний стан матеріалів	2	1	6
Тема 6. Нанокристалічний структурний стан матеріалів	2	1	6
Тема 7. Основні дифракційні співвідношення в аналізі багаторівневої структури гетерогенних наноматеріалів та композитів	2	1	6
Тема 8. Багаторівневі фрактальні нанорозмірні системи	2	1	6

Тема 9. Пористі матеріали. Фрактальні моделі пористих матеріалів	2	1	6
Тема 10. Загальні представлення про генезис пористості в твердому тілі.	2	1	6
Загально	20	10	60
<b>7. Система оцінювання навчальної дисципліни</b>			
Загальна система оцінювання навчальної дисципліни	На семінарських заняттях здобувач освіти може максимально набрати 50 балів, включаючи результати самостійної роботи. За екзамен – максимально 50 балів. Таким чином, підсумкова оцінка – максимум 100 балів.		
Вимоги до письмових робіт	Підсумкова робота, яка проводиться у письмовій формі, повинна містити конкретні і чіткі відповіді на поставлені питання, здобувач повинен використовувати сучасні наукові літературні джерела, нормативно-правове забезпечення щодо організації освітнього процесу в ЗВО, професійної етики та академічної доброчесності. Тестові завдання передбачають вибір правильного варіанту відповіді.		
Семінарські заняття	Максимальна оцінка – 50 балів.		
Умови допуску до підсумкового контролю	Виконання 90 % практичних завдань. Обов'язковим є виконання індивідуального творчого завдання з використанням цифрових інструментів і ресурсів.		
Підсумковий контроль	Екзамен (тест) Форма здачі: письмово.		
<b>8. Політика навчальної дисципліни</b>			
<p>1. Інформація щодо результатів тестування, виконання індивідуальних / групових робіт, презентації результатів самостійної роботи, загальна оцінка змістового модуля в цілому надається кожному аспіранту як індивідуально. Неприпустимими є плагіат та списування.</p> <p>2. Інформація щодо оцінки виконання індивідуального завдання надається здобувачеві після представлення (у т.ч. публічного) результатів виконання роботи. Результати самостійної роботи аспірантів перевіряються на 3 та 7 тижнях навчання. Сумарна оцінка за кожним змістовим модулем в цілому надається на 5 та 9 тижнях навчання. Результати виконання аспірантом індивідуального творчого завдання надаються згідно розкладу практичних занять.</p> <p>3. Присутність аспірантів на практичних заняттях, заліку є обов'язковою. Лекційні курси, а також додаткові ресурси для засвоєння змісту курсу є доступними на сайті дистанційної освіти (за поданим вище посиланням). Якщо здобувач пропустив заняття, необхідно виконати всі практичні завдання, які вивчалися на цьому занятті та отримати відповідну оцінку.</p> <p>4. Якщо аспірант не отримав підсумкової оцінки за результатами виконання практичних завдань (на практичних заняттях), а також не виконав самостійної роботи, то він не допускається до залікового заняття.</p>			
<b>9. Рекомендована література</b>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>Шпак А. П. Кластерні та наноструктурні матеріали / А. П. Шпак, Ю. А. Куницький, В. Л. Карбовський. – К. : Академперіодика, 2001. – 588 с.</li> <li>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.</li> <li>Шпак А.П., Шилов В.В., Шилова О.А., Куницький Ю.А. Діагностика наносистем. багаторівневі фрактальні наноструктури. (ч. II). - К., 2004, - 112 с.</li> <li>Кластерні та наноструктурні матеріали. Т. 3. Пористість як особливий стан самоорганізованої структури в твердотільних матеріалах / А.П. Шпак, П.Г. Черемський, Ю.А. Куницький, О.В. Соболев – К.: «Академперіодика», 2005. – 516 с.</li> </ol>			

5. Шпак А. П. та ін. Діагностика наносистем / А.П. Шпак, Ю.А. Куницький, С.Ю. Смик. – К.: Академперіодика, 2003. – 148 с.
6. І.П. Яремій Структура і властивості аморфних матеріалів. / Івано-Франківськ, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2014. – 120 с.
7. 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.
8. 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.
9. Кузнецов, В.Д. Фізико-хімічні основи інженерії поверхні [Текст]: Навч. посібник / В.Д. Кузнецов, К.А. Ющенко, Ю.С. — Київ: ВІПОЛ, 2005. - 372 с.
10. Шпак А. П. та ін. Матеріали з нано- і квазікристалічною структурою / А.П. Шпак, В.Н. Коржик, Ю.А. Куницький, О.А. Шматко – К.: 2004. – 110 с.

Викладач курсу

Богдан РАЧІЙ