

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА**



Фізико-технічний факультет

Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Модифікація наноматеріалів високоенергетичним впливом**

**Спеціальність**

104 Фізика та астрономія

**Галузь знань**

10 Природничі науки

Затверджено на засіданні  
кафедри матеріалознавства  
і новітніх технологій  
Протокол № 1 від «28» серпня 2023 р.

м. Івано-Франківськ – 2023

## **ЗМІСТ**

1. Загальна інформація
2. Опис дисципліни
3. Структура курсу
4. Система оцінювання курсу
5. Оцінювання відповідно до графіку навчального процесу
6. Ресурсне забезпечення
7. Контактна інформація
8. Політика навчальної дисципліни

## 1. Загальна інформація

Назва дисципліни	Модифікація наноматеріалів високоенергетичним впливом
Освітня програма	
Спеціалізація (за наявності)	
Спеціальність	104 Фізика та астрономія
Галузь знань	10 Природничі науки
Освітній рівень	магістр
Статус дисципліни	вибіркова
Курс / семестр	3/6
Розподіл за видами занять та годинами навчання (якщо передбачені інші види, додати)	Лекції – 20 год. Практичні заняття – 10 год. Самостійна робота – 60 год.
Мова викладання	українська
Посилання на сайт дистанційного навчання	<a href="http://www.d-learn.pnu.edu.ua">www.d-learn.pnu.edu.ua</a> <a href="https://test-d-learn.pnu.edu.ua/">https://test-d-learn.pnu.edu.ua/</a>

## 2. Опис дисципліни

### Мета та цілі дисципліни

**Курс** “Модифікація наноматеріалів високоенергетичним впливом” створений для магістрів освітньо-наукової програми “104 Фізика і астрономія”. Курс розроблено таким чином, щоб сформувавши у магістрів уявлення про фізико-хімічні перетворення в матеріалах різної природи внаслідок дії високоенергетичного впливу. Мова йде про зміну структури електричних, оптичних, магнітних властивостей. Особливу увагу приділено встановленню оптимальних умов і режимів високоенергетичної обробки матеріалів, при яких можлива цілеспрямована зміна властивостей. Важливою складовою високоенергетичної обробки є встановлення послідовності дій різних джерел енергії, при якій досягається запланований експериментальний результат.

**Мета:** логічно послідовне формування у магістрів знань про зміну структури та фізико-хімічних властивостей матеріалів різної природи внаслідок дії лазерного, електронного, іонного опромінення, ультразвуку, термічної дії. Розуміння того, що високоенергетичні впливи переводять систему в інший, як правило нижчий енергетичний стан, і таким чином стабілізують в часі відповідні фізико-хімічні властивості системи.

**Завдання вивчення дисципліни:** Надати студентам знання про механізми і процеси, які мають місце при високоенергетичному впливі на конденсований стан речовини, їхню еволюцію до стабільного стану. Встановлення умов і режимів обробки матеріалів високоенергетичними потоками, при яких досягається поставлене завдання. Особливу увагу засереджено на зміні структури та морфології поверхні твердих тіл, вплив на величину питомої поверхні та розподіл пор за розміром у високопористих структурах, зміну питомої електропровідності та

величини оптичного пропускання, стан домішок і точкових дефектів в кристалічних структурах, інтеркаляційні процеси в наноматеріалах. Ознайомити студентів з сучасними джерелами енергії, принципом їхньої роботи та можливістю їхнього застосування для модифікації матеріалів. Зокрема установки лазерного випромінювання, джерела ультразвуку, вакуумні печі, джерела електронів (електронні гармати). Провести дослідження опромінених матеріалів, сформулювати висновки.

**Знати:** основні поняття і терміни як основних характеристик високоенергетичних потоків, так і властивостей матеріалів, підданих енергетичному впливові. Зокрема інтенсивність лазерного випромінювання, спектр лазерного випромінювання, його когерентність, діапазон частот ультразвуку, швидкість термічного нагріву, інтенсивність електронного пучка, дислокації, вакансії, пори, питома електропровідність, коефіцієнт оптичного поглинання, ІЧ-спектр, УФ-спектр, видима область спектру. Наслідки впливу високоенергетичних потоків на структуру та фізичні властивості матеріалу.

**Вміти:** застосовувати набуті знання для проведення експериментів з цілеспрямованої зміни властивостей матеріалу тієї чи іншої природи. Відповідно оформити результати експерименту, в разі необхідності скоригувати хід експерименту для досягнення результату. Вміти налаштовувати прилади і установки, усунути незначні неполадки. Вміти підготувати взірці для проведення експерименту. Оцінити оптимальні розміри та масу взірців, у випадку їхнього руйнування замінити аналогічними.

#### Компетентності

СК02. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії.

СК03. Здатність презентувати результати проведених досліджень, а також сучасні концепції у фізиці та/або астрономії фахівцям і нефайхівцям.

СК04. Здатність комунікувати із колегами усно і письмово державною та англійською мовами щодо наукових досягнень та результатів досліджень в області фізики та/або астрономії.

СК05. Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

СК08. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в області фізики та/або астрономії, вибирати відповідні методи для їх розв'язання з урахуванням наявних ресурсів.

СК09. Здатність планувати та проводити експерименти у області фізичного матеріалознавства, опрацьовувати експериментальні дані, пояснювати результати експерименту з використанням актуальних фізичних теорій.

#### Програмні результати навчання

РН09. Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись із колегами.

РН10. Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.

РН11. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для

розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.  
 РН13. Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.

### 3. Структура дисципліни

№	Тема	Результати навчання	Завдання
1.	Тема 1. Вплив лазерного опромінення на дислокаційну структуру кристалічного тіла. Термічні і атермічні процеси в матеріалах внаслідок дії лазерного опромінення. Генерація і анігіляція дислокацій. Рух дислокацій під дією лазерного опромінення. Залежність структурної досконалості монокристалів від співвідношення між шириною забороненої зони $E_g$ і квантом лазерного опромінення $h\nu$ .	Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач. Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тестові завдання</li> <li>• Завдання для індивідуальної роботи</li> <li>• Завдання для практичних занять</li> <li>• Завдання для самостійної роботи</li> <li>• Контрольні запитання</li> </ul>
2	Тема 2. Лазерний відпаліонно-імплантованих шарів Іонна імплантація, доза і енергія іонів. Інтенсивність лазерного опромінення. Надвисока розчинність імплантованих іонів після лазерного опромінення. Електрична активність імплантованих іонів після лазерного опромінення. Структурна досконалисть іонно-імплантованих і лазерно відпалених шарів.	Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач. Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тестові завдання</li> <li>• Завдання для індивідуальної роботи</li> <li>• Завдання для семінарських занять</li> <li>• Завдання для самостійної роботи</li> <li>• Контрольні запитання</li> </ul>
3	Тема 3. Поведінка домішок і точкових дефектів унаслідок дії лазерного опромінення. Поглинання лазерного опромінення домішками. Цілеспрямоване легування монокристалів (створення r-n структур і омичних контактів). Лазерне гетерування не контролю	Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тестові завдання</li> <li>• Завдання для індивідуальної роботи</li> <li>• Завдання для семінарських занять</li> <li>• Завдання для самостійної роботи</li> <li>• Контрольні запитання</li> </ul>

	льованих домішок. Оптичні властивості лазерноопромінених монокристалів. Ефект збільшення прозорості і релаксаційні процеси в лазерноопромінених матеріалах.	Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.	
4	Тема 4. Термічна дифузійна дифікація матеріалів. Термічний нагрів, його роль в стабілізації властивостей матеріалу. Термогравіметричний аналіз. Диференціально-термічний аналіз. Температурна залежність питомої електропровідності. Термоелектричні явища.	Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач. Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тестові завдання</li> <li>• Завдання для індивідуальної роботи</li> <li>• Завдання для семінарських занять</li> <li>• Завдання для самостійної роботи</li> <li>• Контрольні запитання</li> </ul>
5	Тема 5. Спільна дія ультразвуку та лазерного опромінення. Кавітація. Перерозподіл домішок внаслідок дії ультразвуку та лазерного опромінення. Вплив спільної дії ультразвуку і лазерного опромінення на питому електропровідність нанокompatитів. Зміна морфології поверхні і та ролі функціональних груп в пористих структурах внаслідок ультразвукового опромінення.	Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач. Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тестові завдання</li> <li>• Завдання для індивідуальної роботи</li> <li>• Завдання для семінарських занять</li> <li>• Завдання для самостійної роботи</li> <li>• Контрольні запитання</li> </ul>
6	Тема 6. Термохімічне перетворення в пористих структурах. Карбонізація вихідного матеріалу для отримання нанопористого вуглецю. Активація карбонізованого вуглецю шляхом термохімічного впливу в присутності кислот. Додатковий термохімічний вплив на активований вуглець	Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач. Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тестові завдання</li> <li>• Завдання для індивідуальної роботи</li> <li>• Завдання для семінарських занять</li> <li>• Завдання для самостійної роботи</li> <li>• Контрольні запитання</li> </ul>

в присутності азотної кислоти для оптимізації розподілу пор за розмірами.	досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.	
---	--	--

#### 4. Система оцінювання курсу

Накопичування балів під час вивчення дисципліни	
Види навчальної роботи	Максимальна кількість балів
Лекція	10
Лабораторні заняття	70
Самостійна робота	10
Індивідуальне завдання	10
Залік	0
Максимальна кількість балів	100

#### 5. Оцінювання відповідно до графіку навчального процесу

Види навчальної роботи	Навчальні тижні																Разом	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	17			
Лекції	2		2		2		2		2									10
Лабораторні з-тя		10		10		10		10		10		10		10				70
Самостійна р-та															10			10
Індивідуальні завдання										5		5						10
Всього за тиждень	2	10	2	10	2	10	2	10	2	10	5	10	5	10	10			100

**Примітка:** не рекомендується на один тиждень планувати кілька форм контролю.

*Критерії оцінювання за 100-бальною шкалою:*


- **90-100 балів** – Студент вільно володіє навчальним матеріалом; висловлює свої думки; творчо виконує індивідуальні та колективні завдання; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань; вільно використовує нові інформаційні технології для поповнення власних знань; комунікативні уміння та навички сформовані на високому рівні; може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання і оцінити результати власної практичної діяльності; виконує завдання, не передбачені навчальною програмою; вільно використовує знання для розв'язання поставлених перед ним завдань.
- **70-89 балів** – Студент вільно володіє навчальним матеріалом, застосовує знання на практиці; узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускає незначні граматичні помилки у порівняннях, формулюванні висновків, застосуванні теоретичних знань на практиці; за зразком самостійно виконує практичні завдання, передбачені програмою; має стійкі навички виконання завдань.
- **50-69 балів** – Студент володіє навчальним матеріалом поверхово, фрагментарно; на рівні запам'ятовування відтворює певну частину навчального матеріалу з елементами логічних зв'язків; знайомий з основними поняттями навчального матеріалу; комунікативні уміння та навички сформовані частково; під час відповіді допускаються суттєві граматичні помилки; має елементарні нестійкі навички виконання завдань; планує та виконує частину завдань за допомогою викладача.

- *Менше 50 балів* – У студента не сформовані комунікативні уміння та навички; студент допускає велику кількість граматичних помилок, що ускладнює розуміння; студент не володіє навчальним матеріалом; виконує лише елементарні завдання, потребує постійної допомоги викладача.

## 6. Ресурсне забезпечення

Матеріально-технічне забезпечення	Мультимедіа (відеофайли, електронні ресурси унаочнень)
Література:	
<p><b>Базова</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Будзуляк І.М., Яблонь І.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, 316с.</li> <li>2. Будзуляк І.М., Рачій Б.І., Коцюбинський В.О., Яблонь Л.С., Морушко О.В. Синтез, структура, та електрохімічні властивості нанопористого вуглецевого матеріалу та композитів на його основі. Івано-Франківськ, 2021, 382с</li> </ol>	

## 7. Контактна інформація

Кафедра	<a href="https://kmint.pnu.edu.ua/">https://kmint.pnu.edu.ua/</a>
Викладач	<b>Будзуляк Іван Михайлович</b> доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри матеріалознавства і новітніх технологій
Контактна інформація викладача	 <a href="#">Персональна сторінка викладача на сайті кафедри</a>
<b>Політика курсу</b>	
Академічна доброчесність	Дотримання академічної доброчесності засновується на ряді положень та принципів академічної доброчесності, що регламентують діяльність здобувачів вищої освіти та викладачів університету: ✓ <a href="#">Кодекс честі Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, Наказ №530 від 27.09.2022 р. “Про введення в дію нової редакції Кодексу честі Прикарпатського національного університету імені</a>

	<p>Василя Стефаника”</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <a href="#">Положення про запобігання академічному плагіату та іншим порушенням академічної доброчесності у навчальній та науково дослідній роботі студентів Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника</a> .</li> <li>✓ <a href="#">Положення про Комісію з питань етики та академічної доброчесності Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника</a></li> <li>✓ <a href="#">Положення про запобігання академічному плагіату у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника</a> .</li> <li>✓ <a href="#">Склад комісії з питань етики та академічної доброчесності Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника</a> .</li> <li>✓ <a href="#">Лист МОН України “До питання уникнення проблем і помилок у практиках забезпечення академічної доброчесності”</a>.</li> </ul> <p>Ознайомитися з даними положеннями та документами можна за посиланням: <a href="https://pnu.edu.ua/polozhennia-pro-zapobihannia-plahiatu/">https://pnu.edu.ua/polozhennia-pro-zapobihannia-plahiatu/</a></p>
Пропуски занять (відпрацювання)	<p>Можливість і порядок відпрацювання пропущених студентом занять регламентується Порядком організації та проведення оцінювання успішності здобувачів вищої освіти Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (наказом ректора Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника від 19 травня 2023 р. № 309) (<a href="https://nmv.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/118/2023/05/otzinnuvannja-uspishnosti.pdf">https://nmv.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/118/2023/05/otzinnuvannja-uspishnosti.pdf</a>)</p> <p>Ознайомитися з положенням можна за посиланням: <a href="https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/">https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</a></p>
Виконання завдання пізніше встановленого терміну	<p>У разі виконання завдання студентом пізніше встановленого терміну, без попереднього узгодження ситуації з викладачем, оцінка за завдання - «незадовільно», відповідно до Порядку організації та проведення оцінювання успішності здобувачів вищої освіти Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (наказом ректора Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника від 19 травня 2023 р. № 309) (<a href="https://nmv.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/118/2023/05/otzinnuvannja-uspishnosti.pdf">https://nmv.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/118/2023/05/otzinnuvannja-uspishnosti.pdf</a>)</p> <p>Ознайомитися з положенням можна за посиланням: <a href="https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/">https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</a></p>
Невідповідна поведінка під час заняття	<p>Невідповідна поведінка під час заняття регламентується рядом положень про академічну доброчесність (див. вище) та може призвести до відрахування здобувача вищої освіти (студента) «за порушення навчальної дисципліни і правил внутрішнього розпорядку вищого закладу освіти», відповідно до п.14 «Відрахування студентів» <a href="#">«Положення про порядок переведення, відрахування та поновлення студентів вищих закладів освіти»</a> - ознайомитися із положенням можна за</p>

	<p>посиланням: <a href="https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні документи/polozhenja/">https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні документи/polozhenja/</a></p>
Додаткові бали	<p>Отримання додаткових балів за дисципліною можливе в разі виконання індивідуальних завдань, попередньо узгоджених з викладачем. Перелік індивідуальних завдань міститься у навчальній програмі до курсу.</p> <p>Також за рішенням кафедри студентам, які брали участь у науково-дослідній роботі (роботі конференцій, студентських наукових гуртків та проблемних груп, підготовці публікацій), а також були учасниками олімпіад, конкурсів, можуть присуджуватися додаткові бали відповідно Порядку організації та проведення оцінювання успішності здобувачів вищої освіти Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (наказом ректора Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника від 19 травня 2023 р. № 309) (<a href="https://nmv.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/118/2023/05/otzinnuvannja-uspishnosti.pdf">https://nmv.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/118/2023/05/otzinnuvannja-uspishnosti.pdf</a>)</p> <p>Ознайомитися з положенням можна за посиланням: <a href="https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/">https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</a></p>
Неформальна освіта	<p>Можливість зарахування результатів неформальної освіти регламентується <a href="https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні документи/polozhenja/">Положення про визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної освіти в Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника (Редакція 3) (введено в дію наказом ректора № 672 від 24.11.2022 р.)</a> <a href="https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні документи/polozhenja/">https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні документи/polozhenja/</a></p>