

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра фізики металів



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана

з навчальної роботи

Оксана МОМОТ

«13» травня 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ
ДИСЦИПЛІНИ

Наноструктурні керамічні матеріали

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань Е Природничі науки, математика та статистика
(шифр і назва)
спеціальність Е5 Фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)
освітня програма Фізика наносистем
(назва освітньої програми)
освітній рівень магістр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
вид дисципліни обов'язкова

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2025/2026</u>
Семестр	<u>1</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>3</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>іспит</u>

Викладачі: доцент Кудін Володимир Григорович

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

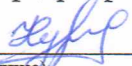
КИЇВ – 2025

Розробники: Кудін Володимир Григорович, кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри фізики металів

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри фізики металів


(підпис)

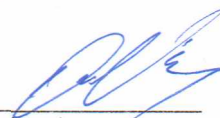
(Курилюк В.В.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 12 від «22» травня 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «23» травня 2025 року № 10

Голова науково-методичної комісії


(підпис)

(Оліх О.Я.)
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

1. Мета дисципліни – ознайомлення студента з особливостями фізичних, фізико-хімічних та механічних характеристик керамічних наноматеріалів, способами їх одержання, дослідження та можливостями використання.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Успішне опанування курсів загальної фізики таких як “Молекулярна фізика”, “Електрика і магнетизм” та спецкурсів «Фізика твердого тіла», «Кристалічна будова твердих тіл», «Механічні властивості твердих тіл».

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

В рамках курсу «Наноструктурні керамічні матеріали» розширюються знання студентів в напрямку фізики конденсованого стану. Основна увага приділяється особливостям методів створення та дослідження керамічних наносистем та впливу нанозерен на їхні характеристики. Навчальна задача дисципліни – ознайомлення студентів з особливостями фізичних, фізико-хімічних та механічних характеристик керамічних наноматеріалів, способами їх одержання, дослідження та можливостями використання. Фундаментальні закони та поняття, отримані під час вивчення цієї дисципліни, широко використовуються у фізиці, зокрема у фізиці конденсованого стану, є необхідними для вільного ознайомлення з науковою літературою.

Методи викладання: лекції, самостійна робота. Методи оцінювання: опитування в процесі лекцій, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, іспит. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (40%) та іспиту (60%).

4. Завдання (навчальні цілі) – освоєння студентами методів отримання, експериментального дослідження та теоретичного опису будови та властивостей наноструктурних керамічних матеріалів.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань Е «Природничі науки, математика та статистика», спеціальність Е5 «Фізика та астрономія») дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних **компетентностей**:

Інтегральних:

Здатність розв’язувати складні задачі і проблеми дослідницького та інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

Загальних:

ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК03. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК04. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК05. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК07. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Фахових:

ФК05. 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 астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

ФК10. Здатність застосовувати методи отримання нанорозмірних нанокompозитних матеріалів.

5. Результати навчання за дисципліною: (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати основні фізико-механічні характеристики керамічних наноматеріалів, їх зв'язок із структурою та вмістом нанорозмірної складової.	лекції, самостійна робота	опитування в процесі лекцій, модульні контрольні роботи	20
2.1	Вміти надати рекомендації щодо оптимізації структури та методики створення керамічного нанокомпозиту із наперед заданими характеристиками.	лекції, самостійна робота	опитування в процесі лекцій, модульні контрольні роботи	20

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни	1.1	2.1
Програмні результати навчання		
ПРН02. Проводити експериментальні та теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.	+	
ПРН04. Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних досліджень і оцінювання їх достовірності.		+
ПРН07. Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики, оприлюднених у формі публікації чи усної доповіді.	+	
ПРН09. Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємодіючи спілкуючись із колегами.	+	
ПРН10. Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.		+
ПРН11. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.	+	
ПРН14. Вміти визначати метод розрахунку, необхідний для розв'язку конкретної наукової проблеми в області фізики наносистем.		+
ПРН25. Знати методи отримання та особливості структури наносистем, а також вміти встановлювати причинно-наслідковий зв'язок між особливостями їхнього складу та властивостей.	+	

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 за темами 1-4: РН 1.1 – 15 балів / 9 балів

2. Модульна контрольна робота 2 за темами 5-8: РН 2.1 – 15 балів / 9 балів

3. Опитування в процесі лекцій: РН 1.1, 2.1 – 10 балів / 6 балів

- підсумкове оцінювання у формі іспиту.

Іспит проводиться в письмовій формі. Кожен екзаменаційний білет містить два теоретичні питання з необхідністю розгорнутої відповіді. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом за складання іспиту дорівнює 60. Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит не може бути меншою 36 балів. Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 24 бали.

7.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).

Модульні контрольні роботи 1 - 2 проводяться по завершенні тематичних лекцій з Розділів 1-2 відповідно.

Опитування студентів в процесі лекцій проводиться упродовж семестру.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин			
		лекції	семінари	лабораторні	Самостійна робота
Розділ 1. Особливості фізико-механічних характеристик керамічних наноматеріалів					
1	Тема 1. Лекція 1. Вступ. Переваги та недоліки керамічних матеріалів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Особливості використання кераміки.	2			4
2	Тема 2. Лекція 2. Основні механічні характеристики кераміки. Зв'язок механічних характеристик із структурою. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Зв'язок між міцністю, тріщиностійкістю та твердістю керамічних матеріалів.	2			4
3	Тема 2. Лекція 3. Особливості еволюції механічних характеристик кераміки із високим вмістом нанорозмірної складової. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Вплив міжзеренних границь на поведінку керамічних наноматеріалів під навантаженням.	2			4
4	Тема 3. Лекція 4. Способи покращення міцності та тріщиностійкості керамічних матеріалів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Особливості руйнування композиційних керамік.	2			4
5	Тема 3. Лекція 5. Гетеромодульні кераміки: особливості впливу включень м'якої фази на характеристики жорсткої матриці. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Розрахунок тріщиностійкості поруватої кераміки.	2			4
6	Тема 3. Лекція 6. Керамічні матеріали із вуглецевими нанотрубками та графеном. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Переваги гетеромодульних систем із графітом та нітридом бору. Підготовка до модульної контрольної роботи.	2			6
7	Тема 4. Лекція 7. Фізичні властивості керамічних наноматеріалів. Модульна контрольна робота 1 с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			2
Розділ 2. Методи виготовлення та дослідження керамічних наноматеріалів.					
8	Тема 5. Лекція 8. Основні методи консолідації керамічних шихт. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Вплив тиску та температури на рекристалізаційні процеси.	2			4
9	Тема 6. Лекція 9. Термодинамічні особливості утворення нанорозмірних зародків тугоплавких фаз з розплавів легкоплавких речовин. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Розрахунок критичного розміру зародків для різних тугоплавких фаз при температурі збудження відповідних реакцій.	2			4
10	Тема 7. Лекція 10. Фізика реакційного синтезу керамічних наноматеріалів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Особливості прикладання тиску при рідкофазному реакційному синтезі тугоплавких матеріалів.	2			4
11	Тема 7. Лекція 11. Особливості створення керамічних матеріалів з нанотрубками. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4

	Планування можливих реакційних систем для створення керамічних нанокompозитів із вмістом нанотрубок.				
12	Тема 7. Лекція 12. Реакційний синтез гетеромодульних керамічних нанокompозитів із наноструктурованими м'якими включеннями. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Механізми зародкоутворення наноструктурних включень дибориду титану, графіту та графітоподібного нітриду бору під час твердофазної реакції.	2			4
13	Тема 8. Лекція 13. Особливості аналізу структури керамічних наноматеріалів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Роздільна здатність рентгенівського мікроаналізу. Підготовка до модульної контрольної роботи.	2			4
14	Тема 8 Лекція 14. Особливості визначення фізико-механічних характеристик керамічних наноматеріалів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Модульна контрольна робота 2	3			9
	ВСЬОГО	29			61

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:

Лекцій – **29 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття – **0 год.**

Лабораторні заняття – **0 год.**

Тренінги – **0 год.**

Консультації – **0 год.**

Самостійна робота – **61 год.**

9.РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна:

(Базова)

1. Гнесин Г.Г. Керамические инструментальные материалы. – К.: Наукова думка, 1991. – 188с. ЦНБ імені Вернадського.
2. О.В. Саввова. Нові керамічні та скломатеріали спеціального призначення. Курс лекцій. - Харків ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 106с. Бібліотека кафедри фізики металів фізичного факультету.
3. Oleksii Popov, Vladimir Vishnyakov, Leigh Fleming, Maxim Podgurskiy and Liam Blunt. Reaction sintering of biocompatible Al₂O₃-hBN ceramics. ACS Omega 2022, 7, 2, 2205–2209. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.1c05749>
4. О. Popov, J. Vleugels, A. Huseynov, V. Vishnyakov. Reactive sintering of TiB₂-SiC-CNT ceramics // Ceramics International. Volume 45, Issue 17, Part B, 2019, Pages 22769-22774. Бібліотека кафедри фізики металів фізичного факультету.
5. О. Popov, J. Vleugels, E. Zeynalov, V. Vishnyakov. Reactive hot pressing route for dense ZrB₂-SiC and ZrB₂-SiC- CNT ultra-high temperature ceramics // Journal of the European Ceramic Society, Vol. 40, #15 2020, 5012-5019. Бібліотека кафедри фізики металів фізичного факультету.

Додаткова:

1. C.L. Yeh, R.F. Li. Formation of TiB₂-Al₂O₃ and NbB₂-Al₂O₃ composites by combustion synthesis involving thermite reactions // Chemical Engineering Journal. – 2009. – Vol. 147. – P. 407 – 411.
2. Munro R.G. Material Properties of Titanium Diboride // J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol., No. 105, 2000. pp. 709- 720.
3. Vargas-Gonzalez L., Speyer R.F. Flexural Strength, Fracture Toughness, and Hardness of Silicon Carbide and Boron Carbide Armor Ceramics // Int. J. Appl. Ceram. Technol., Vol. 7, No. 5, 2010. pp. 643-651.
4. Subramanian M.A., Tritt T.M. Thermoelectric Materials, Phenomena, and Applications: A Bird's Eye View // MRS Bulletin, Vol. 31, March 2006. pp. 188-230.
5. Jing-Feng L., Wei-Shu L., Li-Dong Z., Min Z. High-performance nanostructured thermoelectric materials // NPG Asia Mater., Vol. 2, No. 4, 2010. pp. 152–158.
6. Rice R.W., Wu C.C., Borchelt F. Hardness - Grain Size Relations in Ceramics // Journal of American Ceramic Soc., Vol. 77, No. 10, 1994. pp. 2539 - 2553.
7. Meyers M.A., Olevsky E.A., Ma J., Jamet M. Combustion synthesis/densification of an Al₂O₃-TiB₂ composite // Materials Science and Engineering A, No. 311, 2001. pp. 83–99.
8. Popov O., Avramenko T., Vishnyakov V. Thermal conductivity and thermal shock resistance of TiB₂-based UHTCs enhanced by graphite platelets // Materials Today Communications – Vol. 26 – 2021. – P. 101756.
9. Rice R. Grain size and porosity dependence of ceramic fracture energy and toughness at 22°C // Journal of Materials Science, No. 31, 1996. pp. 1969–1983.
10. Трохимчук П.П. Радіаційна фізика твердого тіла: Курс лекцій.- Луцьк: РВВ "Вежа" Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2003.- 244с.