

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра фізики металів



«23» червня 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика нанокompозитів

для студентів

|                                  |                          |
|----------------------------------|--------------------------|
| галузь знань                     | 10 Природничі науки      |
| спеціальність                    | 104 Фізика та астрономія |
| освітній рівень                  | Бакалавр                 |
| освітня програма                 | Фізика                   |
| спеціалізований вибіркового блок | Фізика наносистем        |
| вид дисципліни                   | Вибіркова                |

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| Форма навчання                          | денна      |
| Навчальний рік                          | 2025/2026  |
| Семестр                                 | восьмий    |
| Кількість кредитів ECTS                 | 3          |
| Мова викладання, навчання та оцінювання | українська |
| Форма заключного контролю               | залік      |

Викладачі: асистент Остапенко Роман Володимирович

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: Остапенко Роман Володимирович, канд. фіз.-мат. наук, асистент кафедри фізики металів

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри фізики металів

  
(підпис)

(Василь КУРИЛЮК)

Протокол № 12 від «22» травня 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «23» червня 2025 року № 11

Голова науково-методичної комісії

  
(підпис)

(Олег ОЛІХ)

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** полягає у ознайомленні студента з особливостями фізичних, фізико-хімічних та механічних характеристик наноструктурованих композиційних матеріалів, 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 «Фізика наноконструктивів» розширюються знання студентів в напрямку фізики конденсованого стану. Основна увага приділяється особливостям методів створення та дослідження композицій, що містять істотну кількість нанорозмірних об’єктів певної структури та впливу цих об’єктів на характеристики матеріалів в цілому. Навчальна задача дисципліни – ознайомлення студентів з особливостями фізичних, фізико-хімічних та механічних характеристик наноструктурованих гетерофазних матеріалів на основі металів, керамік та полімерів, 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 та подальшої підготовки спеціалістів освітнього ступеню “Магістр”.

Методи викладання: лекції, самостійне вивчення матеріалу. Методи оцінювання: модульна контрольна робота після основних розділів спецкурсу, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та заліку (40%).

**4. Завдання (навчальні цілі)** – засвоєння сучасної наукової інформації щодо методів отримання, експериментального дослідження та теоретичного опису будови та властивостей наноконструктивних матеріалів, розуміння фізики позитивного та негативного впливу нанорозмірних складових на фізико-механічні характеристики композитів.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОПП "Фізика", спеціалізований вибірковий блок «Фізика наносистем»), дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

Інтегральних:

Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальних:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Фахових:

ФК1. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.

ФК2. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.

ФК7. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови

та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.

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

| <b>Результат навчання</b><br>(1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*) |                                                                                                                                                                             | <b>Методи викладання і навчання</b>   | <b>Методи оцінювання</b>   | <b>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------|
| Код                                                                                                      | Результат навчання                                                                                                                                                          |                                       |                            |                                                   |
| 1.1                                                                                                      | Оволодіння знаннями про термодинамічну класифікацію та характерні особливості нормальних та мартенситних фазових переходів, їх вплив на формування структури нанокомпозитів | Лекції, самостійне вивчення матеріалу | Модульна контрольна робота | 20                                                |
| 2.1                                                                                                      | Вміння теоретично прогнозувати та експериментально досліджувати структурні та фазові перетворення різного типу                                                              | Лекції, самостійне вивчення матеріалу | Модульна контрольна робота | 20                                                |
| 2.2                                                                                                      | Вміти оцінювати фізико-механічні характеристики нанокомпозитних матеріалів різного типу                                                                                     | Лекції, самостійне вивчення матеріалу | Модульна контрольна робота | 20                                                |

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

| <b>Результати навчання дисципліни</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>1.1</b> | <b>2.1</b> | <b>2.2</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|
| <b>Програмні результати навчання</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |            |            |            |
| ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних 8 фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та астрономії. | +          | +          |            |
| ПРН5. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | +          |            |            |
| ПРН8. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.                                                                                                                                                                                                                                                           | +          | +          |            |
| ПРН9. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.                                                                                                                                                                                                                                                                                |            | +          | +          |
| ПРН10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            | +          | +          |

**7. Схема формування оцінки.**

**7.1 Форми оцінювання студентів:**

семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота за темами 1-8: РН 1.1, 2.1, 2.2 – 60 балів / 36 балів.

**- підсумкове оцінювання у формі заліку.**

Залік проводиться в письмовій формі. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом під час заліку дорівнює 40. Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за залік не може бути меншою 24 балів. Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше, ніж 36 балів.

## **7.2. Організація оцінювання:**

*Модульна контрольна робота проводиться по завершенні тематичних лекцій з Розділу 1.*

## **7.3. Шкала відповідності оцінок**

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| <i>Зараховано</i> / Passed  | 60-100 |
| <i>Не зараховано</i> / Fail | 0-59   |

## 8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ, СЕМІНАРСЬКИХ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

| №<br>п/п                                                                                 | Назва теми                                                                                                                                                                                          | Кількість годин |          |             |                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------|-------------|-------------------|
|                                                                                          |                                                                                                                                                                                                     | лекції          | семінари | лабораторні | Самостійна робота |
| Розділ 1. Створення наноконпозиційних матеріалів та їхні фізико-механічні характеристики |                                                                                                                                                                                                     |                 |          |             |                   |
| 1                                                                                        | Тема 1. Лекція 1. Вступ. Особливості механічних характеристик наноконпозиційних матеріалів.<br>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.<br>Діаграми стану з евтектикою та перитектикою.                    | 2               |          |             | 4                 |
| 2                                                                                        | Тема 2. Лекція 2. Зародкоутворення при фазових перетвореннях у твердому тілі.<br>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.<br>Термодинамічні умови, необхідні для виникнення нанорозмірних зародків.        | 2               |          |             | 4                 |
| 3                                                                                        | Тема 2. Лекція 3. Гомогенне і гетерогенне зародкоутворення.<br>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.                                                                                                    | 2               |          |             | 4                 |
| 4                                                                                        | Тема 3. Лекція 4. Фізика впливу структури на механічні характеристики металів, кераміки та полімерів.<br>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.<br>Класифікація кінетичних моделей топохімічних реакцій. | 2               |          |             | 4                 |
| 5                                                                                        | Тема 3. Лекція 5. Вплив нанорозмірної складової на електричні характеристики матеріалів.<br>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.<br>Зміна фізичних характеристик при алотропічних перетвореннях.       | 2               |          |             | 4                 |
| 6                                                                                        | Тема 3. Лекція 6. Вплив нанозерен на жаростійкість матеріалу.<br>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.<br>Зміна механічних характеристик при алотропічних перетвореннях.                                | 2               |          |             | 4                 |
| 7                                                                                        | Тема 4. Лекція 7. Розпад пересичених твердих розчинів.<br>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.<br>Вплив розпаду пересичених твердих розчинів на структуру металів.                                     | 2               |          |             | 4                 |
| 8                                                                                        | Тема 4. Лекція 8. Методи дослідження наноконпозиційних систем. Наноіндентування.<br>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.<br>Підготовка до модульної контрольної роботи.                                | 2               |          |             | 4                 |
| 9                                                                                        | Тема 5. Лекція 9. Основні методи синтезу наноконполімерів.<br>Модульна контрольна робота 1<br>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.                                                                     | 2               |          |             | 2                 |
| Розділ 2. Структура та властивості функціональних наноконполімерів                       |                                                                                                                                                                                                     |                 |          |             |                   |
| 10                                                                                       | Тема 6. Лекція 10. Основні класи термоелектричних матеріалів.<br>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.                                                                                                  | 2               |          |             | 4                 |
| 11                                                                                       | Тема 6. Лекція 11. Морфологія та субструктура мартенситних кристалів.<br>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.                                                                                          | 2               |          |             | 4                 |
| 12                                                                                       | Тема 7. Лекція 12. Багатошарові нанокристалічні композиційні матеріали.<br>с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.                                                                                        | 2               |          |             | 4                 |

|    |                                                                                                                                                             |           |  |  |           |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--|--|-----------|
| 13 | <b>Тема 7. Лекція 13.</b> Композиційні матеріали з нанотрубками: методи створення та властивості.<br><i>с.р.с.</i> Вивчення матеріалу лекції.               | 2         |  |  | 4         |
| 14 | <b>Тема 8. Лекція 14.</b> Сучасні магнітні композиційні матеріали.<br><i>с.р.с.</i> Вивчення матеріалу лекції.                                              | 2         |  |  | 4         |
| 15 | <b>Тема 8. Лекція 15.</b> Високоентропійні та мультифазні наноккомпозити. <b>Модульна контрольна робота №2.</b><br><i>с.р.с.</i> Вивчення матеріалу лекції. | 2         |  |  | 6         |
|    | <b>ВСЬОГО</b>                                                                                                                                               | <b>30</b> |  |  | <b>60</b> |

**Загальний обсяг 90 год., в тому числі:**

Лекцій – 30 год.

Семінари – 0 год.

Практичні заняття – 0 год.

Лабораторні заняття – 0 год.

Тренінги – 0 год.

Консультації – 0 год.

Самостійна робота – 60 год.

## 9.РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

### *Основна: (Базова)*

1. Р. В. Вовк, Е. С. Геворкян, В. П. Нерубацький та ін. Нові керамічні композиційні матеріали інструментального призначення. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. – 200 с. Бібліотека кафедри фізики металів фізичного факультету.
2. Геворкян Е.С., Семченко Г.Д., Тимофеева Л.А., Нерубацький В.П. Нові матеріали та технології їх отримання: Підручник. Харків – 2015, 345с. Бібліотека кафедри фізики металів фізичного факультету.
3. Michel W. Barsoum. MAX Phases: Properties of Machinable Ternary Carbides and Nitrides. John Wiley & Sons, Inc., 2013. – 436p. Бібліотека кафедри фізики металів фізичного факультету.
4. Sneha N. Naik, S.M. Walley. The Hall–Petch and inverse Hall–Petch relations and the hardness of nanocrystalline metals. Journal of Materials Science. 55, pages 2661–2681 (2020). <https://link.springer.com/article/10.1007/s10853-019-04160-w>
5. Попов О.Ю. Реакційний синтез та структурне конструювання бор-містких керамічних матеріалів. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора фіз.-мат. наук. Київ, 2017. – 297с. Бібліотека кафедри фізики металів фізичного факультету.
6. Копань В. Композиційні матеріали - навч. посіб. — Київ: Пульсари, 2004. — 196 с.

### *Додаткова:*

1. 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.
2. 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.