

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра фізики металів



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Теорія нанокомпозитів
(повна назва навчальної дисципліни)
для студентів

галузь знань 10 «Природничі науки»
(шифр і назва)
спеціальність 104 – фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)
освітня програма Фізика наносистем
(за наявності) (назва спеціалізації)
освітній ступінь Магістр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
вид дисципліни вибіркова ВБ2.3

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2022/2023</u>
Семестр	<u>4</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>3</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>залік</u>

Викладачі: доцент Попов Олексій Юрійович

(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 – 2022

Розробники¹: Попов Олексій Юрійович, доктор фіз.-мат. наук, доцент, 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 № 8 від «20» травня 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 11 від «10» червня 2022 року

Голова науково-методичної комісії



(підпис)

(Оліх О.Я.)
(прізвище та ініціали)

¹ Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

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:

1. Знати основні закони та поняття з курсів загальної фізики, термодинаміки та статистичної фізики, елементи квантової механіки для освоєння та вільного орієнтування в основних проблемах фізики наносистем.

2. Вміти застосовувати набуті раніше знання з курсів математичного аналізу, аналітичної геометрії, математичної фізики, загальної фізики, квантової механіки, термодинаміки та статистичної фізики.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

В рамках курсу «Теорія нанокомпозитів» 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.

Методи викладання: лекції, самостійна робота. Методи оцінювання: опитування в процесі лекцій, модульні контрольні роботи, 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 нанокомпозитних матеріалів, розуміння фізики позитивного та негативного впливу нанорозмірних складових на фізико-механічні характеристики композитів.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «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.

ЗК07. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Спеціальних:

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 астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

СК11. Здатність застосовувати методи отримання нанорозмірних нанокompозитних матеріалів.

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

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

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

Результати навчання дисципліни	1.1	2.1	2.2
Програмні результати навчання			
РН02. 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.	+	+	
РН04. Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних досліджень і оцінювання їх достовірності.	+		
РН07. Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики, оприлюднених у формі публікації чи усної доповіді.	+	+	
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.		+	+
РН25. Знати методи отримання та особливості структури наносистем, а також вміти встановлювати причинно-наслідковий зв'язок між особливостями їхнього складу та властивостей.		+	+

* заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 за темами 1-9: РН 1.1 – 25 балів / 15 балів
2. Модульна контрольна робота 2 за темами 10-15: РН 2.1 – 25 балів / 15 балів
3. Опитування під час лекцій: РН 1.1, 2.1, 2.2 – 10 балів / 6 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: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).

Модульні контрольні роботи проводяться по завершенні тематичних лекцій.

Опитування студентів в процесі лекцій проводиться упродовж семестру.

7.3 Шкала відповідності

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ, СЕМІНАРСЬКИХ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин			
		лекції	семінари	лабораторні	Самостійна робота
<i>Частина 1. Термодинаміка, механізм і кінетика нормальних фазових перетворень</i>					
1	Тема 1. Лекція 1. Вступ. Особливості механічних характеристик наноконпозиційних матеріалів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Діаграми стану з евтектикою та перитектикою.	2			4
2	Тема 2. Лекція 2. Зародкоутворення при фазових перетвореннях у твердому тілі. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Термодинамічні умови, необхідні для виникнення нанорозмірних зародків.	2			4
3	Тема 2. Лекція 3. Гомогенне і гетерогенне зародкоутворення. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4
4	Тема 3. Лекція 4. Фізика впливу структури на механічні характеристики металів, кераміки та полімерів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Класифікація кінетичних моделей топохімічних реакцій.	2			4
5	Тема 3. Лекція 5. Вплив нанорозмірної складової на електричні характеристики матеріалів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Зміна фізичних характеристик при алотропічних перетвореннях.	2			4
6	Тема 3. Лекція 6. Вплив нанозерен на жаростійкість матеріалу. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Зміна механічних характеристик при алотропічних перетвореннях.	2			4
7	Тема 4. Лекція 7. Розпад пересичених твердих розчинів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Вплив розпаду пересичених твердих розчинів на структуру металів.	2			4
8	Тема 4. Лекція 8. Методи дослідження наноконпозиційних систем. Наноіндентування. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до модульної контрольної роботи.	2			4
9	Тема 5. Лекція 9. Основні методи синтезу наноконполімерів. Модульна контрольна робота 1 с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			2
<i>Частина 2. Термодинаміка, механізм і кінетика мартенситних фазових перетворень</i>					
10	Тема 6. Лекція 10. Основні класи термоелектричних матеріалів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4
11	Тема 6. Лекція 11. Морфологія та субструктура мартенситних кристалів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4
12	Тема 7. Лекція 12. Особливості радіаційної стійкості нанопоруватих матеріалів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Елементи з низьким перерізом захвату нейтронів.	2			4
13	Тема 7. Лекція 13. Реакційний синтез матеріалів із нанопорожнинами. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4

14	Тема 8. Лекція 14. Підвищення механічних характеристик керамічних матеріалів, що містять нановключення частково стабілізованого оксиду цирконію. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			4
15	Тема 8. Лекція 15. Високоентропійні та мультифазні нанокompозити. Модульна контрольна робота №2. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2			6
	ВСЬОГО	30			60

Загальний обсяг **90 год.**², 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.**

² Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА³:

Основна: (Базова)

1. Елисеєв А. А. Функциональные наноматериалы : учеб. пособие / А. А. Елисеєв, А. В. Лукашин ; під ред. Ю. Д. Третьякова. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 452 с. Бібліотека кафедри фізики металів фізичного факультету.
2. 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.
3. 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.
4. Michel W. Barsoum. MAX Phases: Properties of Machinable Ternary Carbides and Nitrides. John Wiley & Sons, Inc., 2013. — 436р. Бібліотека кафедри фізики металів фізичного факультету.
5. 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>
6. 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.

Додаткова:

1. А.П. Шпак, В.И. Лисов, Ю.А. Куницкий. Кластерные и наноструктурные материалы, т.2, Київ: Академперіодика, 2002 – 539с.
2. Кравченко А.Ф., Овсяк В.Н. Электронные процессы в твердотельных системах пониженной размерности. – Новосибирск: Из-во Новосибирского университета, 2000. – 448 с.
3. Жилиев А. П. Сверхпластичность и границы зёрен в ультрамелкозернистых материалах / А. П. Жилиев, А. И. Пшеничнюк. — М. : Физматлит, 2008. — 320 с.
4. 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.
5. 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.

³ В тому числі Інтернет ресурси