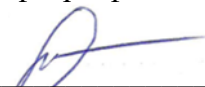




Розробники<sup>1</sup>: Попов Олексій Юрійович, доктор фіз.-мат. наук, доцент кафедри фізики металів  
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Зав. кафедри фізики металів

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)


(Макара В.А.)  
(прізвище та ініціали)

Протокол № 14 від «24» квітня 2019 р.

**Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету**

Протокол № 21 від «10» травня 2019 року

Голова науково-методичної комісії

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)

(Оліх О.Я.)  
(прізвище та ініціали)

---

<sup>1</sup> 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** – ознайомлення 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 нанокомпозитних матеріалів» 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 кваліфікаційного рівня “Магістр”.

Методи викладання: лекції, самостійна робота. Методи оцінювання: модульні контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та заліку (40%).

**4. Завдання (навчальні цілі)** – освоєння студентами 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 проекту 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 комплексні проблеми в галузі фізики наносистем, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань.

Загальних:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. (ЗК1)
- Здатність до проведення самостійних досліджень на сучасному рівні. (ЗК3)
- Здатність до пошуку, оброблення на аналізі інформації з різних джерел. (ЗК4)
- Здатність працювати в міжнародному науковому просторі. (ЗК5)

Фахових:

- Володіння принципами структурної побудови наносистем (ФК1).
- Володіння методами створення наносистем. (ФК3).
- Здатність застосовувати сучасні експериментальні методи дослідження наносистем та діагностики наносистем (ФК4).

- Здатність застосовувати знання з фізики наноструктурних металевих систем та тонких плівок (ФК9).
- Здатність застосовувати знання з фізики нанорозмірних нанокompозитних матеріалів та методів їх отримання (ФК11).
- Здатність застосовувати знання в галузі методів вимірювання фізичних властивостей наносистем (ФК14).

**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 нанокompозитних матеріалів, їх зв'язок із структурою та вмістом нанорозмірної складової.	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота	30
2.1	Вміти обирати тип матеріалу відповідно до його призначення, надавати рекомендації щодо оптимального складу та структури, а також можливих шляхів виготовлення	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота	30

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

Результати навчання дисципліни	1.1	2.1
	Програмні результати навчання	
ПРН 1.6. Знати методи отримання, особливості структури та властивостей аморфно-нанокристалічних сплавів.	+	
ПРН 2.7. Вміти встановлювати причинно-наслідковий зв'язок між особливостями структурно-фазового складу та електротранспортними та магнітоотранспортними властивостями нанокarбонових систем.		+

**7. Схема формування оцінки.**

**7.1 Форми оцінювання студентів:**

**- семестрове оцінювання:**

1. Модульна контрольна робота 1 за темами 1-8: ПРН 1.1 – 30 балів / 18 балів
2. Модульна контрольна робота 2 за темами 9-14: ПРН 1.2 – 30 балів / 18 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:**

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

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

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

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

**8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ**

№ п/п	Назва теми	Кількість годин			
		лекції	семінари	лабораторні	Самостійна робота
<b><i>Розділ 1. Особливості фізико-механічних характеристик та методів дослідження нанокмпозиційних матеріалів</i></b>					
1	<b>Тема 1. Лекція 1.</b> Вступ. Особливості механічних характеристик нанокмпозиційних матеріалів. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Обернений ефект Хола-Петча для нанорозмірних систем.	2			4
2	<b>Тема 1. Лекція 2.</b> Фізика впливу структури на механічні характеристики металів, кераміки та полімерів. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Зв'язок між міцністю, тріщиностійкістю та твердістю металів, кераміки та полімерів.	2			4
3	<b>Тема 2. Лекція 3.</b> Вплив нанорозмірної складової на електричні характеристики матеріалів. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Вплив міжзеренних границь на електроопір матеріалів.	2			4
4	<b>Тема 3. Лекція 4.</b> Термічна стабільність нанокмполімерів. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Стійкість наноматеріалів при термоударі.	2			4
5	<b>Тема 3. Лекція 5.</b> Вплив нанозерен на жаростійкість матеріалу. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Особливості жаростійкості керамічних нанокмполімерів.	2			4
6	<b>Тема 4. Лекція 6.</b> Методи дослідження нанокмпозиційних систем. Наноіндентування. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до модульної контрольної роботи.	2			6
7	<b>Тема 4. Лекція 7.</b> Основні методи синтезу нанокмполімерів. <b>Модульна контрольна робота 1</b> <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	2			2
<b><i>Розділ 2. Деякі класи функціональних нанокмполімерів</i></b>					
8	<b>Тема 5. Лекція 8.</b> Основні класи термоелектричних матеріалів. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Необхідні умови енергоефективності термоелектриків.	2			4
9	<b>Тема 5. Лекція 9.</b> Створення нанокмполімеру як метод підвищення показника якості термоелектричного матеріалу. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Керамічні термоелектрики.	2			4
10	<b>Тема 6. Лекція 10.</b> Особливості радіаційної стійкості нанопоруватих матеріалів. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Елементи з низьким перерізом захвату нейтронів.	2			4
11	<b>Тема 6. Лекція 11.</b> Реакційний синтез матеріалів із нанопорожнинами. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Розрахунок деградації тріщиностійкості нанопоруватого карбиду бору	2			4
12	<b>Тема 7. Лекція 12.</b> МАХ-фази як окремий клас нанокмпозиційних матеріалів функціонального призначення. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Фізика підвищеної стійкості МАХ-фаз до іонізуючого	2			4

	опромінення.				
13	<b>Тема 8. Лекція 13.</b> Фізичні особливості формування наночаруватої структури МАХ-фаз. <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Методи синтезу МАХ-фаз. Підготовка до модульної контрольної роботи	2			4
14	<b>Тема 9 Лекція 14.</b> Високоентропійні та мультифазні наноккомпозити. <b>Модульна контрольна робота 2</b> <b>с.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.	4			8
	<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. Елисеев А. А. Функциональные наноматериалы : учеб. пособие / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин ; под ред. Ю. Д. Третьякова. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 452 с.
2. Наноструктурные материалы / под ред.: Р. Ханнинка, А. Хилл; пер. з англ. А. А. Шустикова. — М. : Техносфера, 2009. — 487 с.
3. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. Уч. пособие. М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 117 с.
4. Ковтун Г.П., Веревкин А.А. Наноматериалы: технологии и материаловедение: Обзор. - Харьков: ННЦ ХФТИ, 2010. - 73 с.
5. Michel W. Barsoum. MAX Phases: Properties of Machinable Ternary Carbides and Nitrides. John Wiley & Sons, Inc., 2013. – 436р.
6. 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.
7. Попов О.Ю. Реакційний синтез та структурне конструювання бор-містких керамічних матеріалів. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора фіз.-мат. наук. Київ, 2017. – 297с.

### *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.