



## БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНІ НАНОКОМПЗИТИ

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Освітньо-професійна програма Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна/ змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів/150 год: лекції – 36 год; лабораторні – 18 год, самостійна робота студента – 96 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен / МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="https://roz.kpi.ua/">https://roz.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., старший дослідник, доцент Солодкий Є.В., <a href="mailto:evgen.solodky@gmail.com">evgen.solodky@gmail.com</a> Лабораторні: к.т.н., старший дослідник, доцент Солодкий Є.В., <a href="mailto:evgen.solodky@gmail.com">evgen.solodky@gmail.com</a></i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?session=478952b96f5d">https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?session=478952b96f5d</a></i>

#### Програма навчальної дисципліни

##### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

*Вивчаючи дисципліну, здобувачі узагальнюють власні знання з різних дисциплін та набувають навички вибору існуючого або створення нового функціонального наноматеріалу з бажаними фізико-механічними властивостями в залежності від їх структури, хімічного та фазового складу. Зможуть визначити вплив технологічних параметрів процесів їх виготовлення та обирати оптимальні*

*Метою навчальної дисципліни є підсилення у здобувачів **загальних компетентностей**:*

- здатність до системного мислення, аналізу та синтезу;*
- прагнення до збереження навколишнього середовища.*

##### **фахових компетентностей**

- здатність виявляти та ставити проблем в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення;*
- здатність застосовувати фундаментальні основи нанотехнологій для створення та використання наноматеріалів.*

***Предмет** навчальної дисципліни “Багатофункціональні наноккомпозити” – є вивчення зв'язку між природою матеріалів їх функціональними властивостями в залежності від зміни структури, хімічного та фазового складу.*

*Після засвоєння навчальної дисципліни здобувач повинен продемонструвати такі результати навчання:*

- виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі;
- використовувати сучасні методи для виявлення, постановки та розв'язування винахідницьких задач в галузі матеріалознавства;
- розробляти комплексний дизайн нових матеріалів і виробів на їх основі з урахуванням експлуатаційних властивостей та умов використання.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Дисципліна викладається в третьому семестрі підготовки за другим (магістерським) рівнем вищої освіти. Дисципліна базується на компетентностях бакалаврського рівня спеціальності Матеріалознавство.

Знання, що здобувач отримає під час вивчення дисципліни "Багатофункціональні нанокompозити" необхідні для виконання і підготовки до захисту магістерської дисертаційної роботи та формують інтегральну компетентність другого (магістерського) рівня.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

*Розділ 1 Наноструктурні матеріали. Композити.*

*Поняття наноструктури. Розмірний ефект в наноматеріалах. Методи отримання наноматеріал. Методи контролю наноструктурного стану.*

*Класифікація функціональних неорганічних матеріалів за складом, структурою, властивостями і областям застосування. Структурна ієрархія матеріалів. Фізико-хімічні принципи конструювання нових матеріалів.*

*Розділ 2 Поняття про функціональність матеріалів*

*Класифікація матеріалів за функціональним призначенням. Поліфункціональність. Класифікація матеріалів за природою. Вплив природи матеріалу на його призначення. Особливості застосування функціональних нанокompозитів.*

*Розділ 3 Взаємозв'язок структури та властивостей матеріалів*

*Структурні рівні матеріалу. Основні властивості, що визначаються кожним структурним рівнем. Поняття про структурну чутливість матеріалів. Геометричне моделювання структури порошкових та композиційних матеріалів багатофазного середовища.*

*Розділ 4 Конструкційні матеріали*

*Механічні властивості, які визначають механічну функцію матеріалів. Структурна чутливість механічних властивостей. Модуль пружності. Міцність. В'язкість. Класифікація, способи визначення. Пружні властивості (модулі пружності) як основна функція матеріалу, конструкції. Вплив наноструктури на механічні характеристики матеріалів. Співвідношення Холла-Петча. Конструкційна кераміка. Особливості структури конструкційної кераміки. Застосування конструкційної кераміки. Керамічні нанокompозити.*

*Розділ 5 Діелектричні матеріали*

*Застосування діелектриків. Радіопрозорі матеріали. Радіопрозора кераміка. Вплив структури наноматеріалів на діелектричні властивості діелектриків.*

*Розділ 6 Управління структурними параметрами матеріалів в технологічних процесах*

*Методи консолідації наноструктурних матеріалів.*

*Регулювання розміру зерна керамічних матеріалів при контрольованому спіканні. Регулювання розміру стабільних та метастабільних надтвердих фаз при спіканні під високим статичним або динамічним тиском.*

*Розділ 7 Термоелектричні матеріали*

*Принцип роботи термоелектричних матеріалів. Сучасні термоелектричні матеріали. Вплив наноструктури на термоелектричні властивості.*

*Розділ 8 Іонні провідники*

Поняття про іонну провідність. Електронно-іонна провідність. Типи іонних провідників. Застосування іонних провідників. Методи виготовлення іонних провідників. Керамічні іонні провідники для паливних комірок. Вплив наноструктури на іонну провідність в матеріалах.

Розділ 9 Композиційні наноматеріали на полімерній основі.

Класифікація нанонаповнювачів для полімеро-матричних композиційних матеріалів.

Класифікація полімерних нанокомпозитів. Застосування.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Рагуля А. В. Консолидированные наноструктурные материалы / А. В. Рагуля, В. В. Скороход. – Київ : Наукова думка, 2007. – 374 с.
2. Однодворець Л. В. Матеріали і компоненти функціональної електроніки : навч. посібник / Л. В. Однодворець, І. М. Пазуха. – Суми : СумДУ, 2020. – 196 с.
3. Зауличний Я. В. Фізика конденсованого стану для матеріалознавців / Я. В. Зауличний, Ю. В. Яворський. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 503 с.
4. Фізика конденсованого стану матеріалів : навч. посіб. / Т. П. Говорун, В. О. Пчелінцев, В. М. Радзівєвський, Л. В. Носонова. – Суми : СумДУ, 2015. – 236 с.
5. Композитні та порошкові матеріали : навч. посібник / П. П. Савчук, В. П. Кашицький, М. Д. Мельничук, О. Л. Садова ; за заг. ред. П. П. Савчука. – Луцьк : ФОРМ Теліцин О.В., 2017. – 368 с.
6. Кшнякин В. С. Основы физического материаловедства : навч. посіб. / В. С. Кшнякин, А. С. Опанасюк, К. О. Дядюра. – Суми : СумДУ, 2015. – 466 с.

Додаткова література

1. Ryan O'Hayre, Suk-Won Cha, Whitney Colella, Fritz B. Prinz. 2016 John Wiley & Sons.
2. Сучасне матеріалознавство XXI сторіччя. – К. : Наукова думка, 1998. – 658 с.
3. <https://www.scopus.com/>
4. <https://scholar.google.com/>
5. <https://link.springer.com/>
6. <https://www.sciencedirect.com/>
7. <https://www.wiley.com/en-us>
8. <https://webofknowledge.com/>

Перераховані книги є у вільному доступі в мережі інтернет і можуть бути використані для отримання базових та поглиблених знань по багатofункціональним нанокомпозитам.

Електронні ресурси (<https://www.scopus.com/>; <https://scholar.google.com/>;

<https://link.springer.com/>; <https://www.sciencedirect.com/>; <https://www.wiley.com/en-us>;

<https://webofknowledge.com/>) рекомендуються для пошуку актуальної наукової інформації, яка стосується стану проблеми розробки нових функціональних наноматеріалів.

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни

##### Зміст лекційних занять

Лекція 1. Вступ. Ознайомлення з РСО та організацією навчального процесу у очному та/чи дистанційному режимі.

Лекція 2. Основні поняття наноструктури. Розмірний ефект в наноматеріалах. Методи отримання наноматеріалів. Методи контролю наноструктурного стану. Література: [1-6].

Лекція 2. Класифікація функціональних неорганічних матеріалів за складом, структурою, властивостями і областями застосування. Структурна ієрархія матеріалів. Фізико-хімічні принципи конструювання нових матеріалів. Література: [1-6].

Лекція 3. Класифікація матеріалів за функціональним призначенням. Поліфункціональність. Класифікація матеріалів за природою. Вплив природи матеріалу на його призначення. Особливості застосування функціональних матеріалів. Література: [1-6].

Лекція 4. Структурні рівні матеріалу. Основні властивості, що визначаються кожним структурним рівнем. Поняття про структурну чутливість матеріалів. Геометричне моделювання структури порошкових та композиційних матеріалів багатофазного середовища. Література: [1-6].

Лекція 5. Механічні властивості, які визначають механічну функцію матеріалів. Структурна чутливість механічних властивостей. Модуль пружності. Міцність. В'язкість. Ефект Холла-Петча. Література: [1-6].

Лекція 6. Конструкційна кераміка. Особливості структури конструкційної кераміки. Застосування конструкційної кераміки. Література: [1-6].

Лекція 7 Керамічні нанокompозити. Класифікація. Застосування. Технології отримання. Література: [1-6].

Лекція 8. Найважливіші діелектричні характеристики матеріалів. Сегнето-, пьезо- і піроелектрики Сегнетоелектрики-напівпровідники. Література: [1-6].

Лекція 9 Застосування діелектриків. Радіопрозорі наноматеріали. Радіопрозорі нанокераміка. Вплив структури наноматеріалів на діелектричні властивості діелектриків. Література: [1-6].

Лекція 10 Методи консолідації наноструктурних матеріалів. Література: [1-6].

Лекція 11 Традиційне спікання. Неізотермічне спікання. Спікання під дією зовнішніх полів. Іскроплазмове спікання. Мікрохвильове спікання. Гаряче пресування. Миттєве спікання. Література: [1-6].

Лекція 12 Магнітні нанокompозити. Вплив наноструктури на магнітні властивості. Література: [1-6].

Лекція 13 Принцип роботи фотонних матеріалів. Вплив структури на фотонні властивості. Наноструктурні матеріали для фотоніки. Оптично прозорі керамічні матеріали. Література: [1-6].

#### **Заняття 14 Модульна контрольна робота.**

Лекція 15 Принцип роботи термоелектричних матеріалів. Сучасні термоелектричні матеріали. Вплив наноструктури на термоелектричні властивості. Термоелектричний пристрій. Ефект Зебека. Література: [1-6].

Лекція 16 Поняття про іонну провідність. Електронно-іонна провідність. Література: [1-6].

Лекція 17 Типи іонних провідників. Застосування іонних провідників. Література: [1-6].

Лекція 18 Композиційні наноматеріали на полімерній основі. Класифікація нанопоповнювачів для полімеро-матричних композиційних матеріалів. Класифікація полімерних нанокompозитів. Застосування. Література: [1-6].

Основні завдання циклу лабораторних занять:

- встановлення впливу структури матеріалу на його функціональні властивості.
- встановлення впливу фазового складу нанокompозитів на їх функціональні властивості.

#### **Зміст лабораторних занять**

1. Визначення впливу наноструктури на механічні властивості нанокompозитів (4 години).
2. Визначення впливу наноструктури на радіопрозорість керамічних нанокompозитів (4 годин).
3. Встановлення впливу наноструктури на електричну провідність нанокompозитів на основі міді (4 години)
4. Визначення впливу природних нанопоповнювачів на механічні властивості нанокompозитів з полімерною матрицею (6 години).

## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота здобувачів (загальна тривалість 96 години) з дисципліни полягає в:

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для детального ознайомлення з сучасним станом проблеми дослідження та розробки нових багатофункціональних наноматеріалів – 2,5-3 години на лекційне заняття = 46 годин;
- підготовці до виконання лабораторних занять – в розрахунку 2 години на 1 годину виконання лабораторного заняття = 24 години;
- підготовка до МКР – 2 години;
- підготовці до підсумкової атестації – екзамену (30 годин).

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед здобувачем:

- У разі дистанційної форми навчання:
  - лекційні заняття проводяться з використанням платформи *googlemeet*;
  - лабораторні заняття проходять з використанням платформи *googlemeet*.
- Відвідування усіх видів занять є бажаним.
- Завдання пропущеного лабораторного заняття здобувач повинен виконати в час, узгоджений з викладачем.
- Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – переважно підготовка та подача реальних проектних пропозицій за тематикою власних наукових досліджень, курсового чи дипломного проектування. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати до 10 % від стартових балів.
- Політикою едделайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Реферат за пропущену лекцію має бути виконаний і поданий на перевірку не пізніше 2-х тижнів з часу пропущеної лекції. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.
- Усі учасники освітнього процесу: викладачі і здобувачі в процесі вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль:

- Експрес-опитування на лекційних заняттях – максимум 1 бал, всього 16 балів.
- Тестування на лабораторних заняттях – максимум 5 балів, всього 20 балів.
- Модульна контрольна робота у письмовому вигляді проводиться 14-му навчальному тижні. Максимальна оцінка 14 бали. Питання на МКР зазначені в додатку А.
- Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу: щоб отримати позитивний результат у першому календарному контролі, необхідно мати мінімум 10 балів, другого – мінімум 20 балів.  
Семестровий контроль: екзамен.  
Розмір екзаменаційної складової – 50 балів.  
Умови допуску до семестрового контролю: виконання та здача усіх лабораторних робіт.

Екзамен проводиться у вигляді письмової роботи і включає 3 теоретичне питання зі списку Додатку Б, на підготовку якого виділяється 1 академічна година. На екзамені студент може отримати максимальну кількість балів - 50 за 100-бальною шкалою, відповідно:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями);
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 15-10 балів, за неповну відповідь на 7-4 балів, за неправильне використання термінів на 3 бали.

Після оцінювання відповідей на екзамені (виконання екзаменаційної контрольної роботи) підсумовуються стартові бали та бали за екзамен, зводяться до рейтингової оцінки та переводяться до оцінок за університетською шкалою (таблиця).

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

### 8.1. Критерії нарахування балів.

#### Модульна контрольна робота.

Сумарна максимальна оцінка складає 14 балів, відповідно:

- 12 балів – повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- 10 балів – достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями);
- 8 балів – неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);
- 0 балів – відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

#### Лабораторні роботи.

Виконане завдання лабораторної роботи 1, 2, 3, 4 максимально оцінюється у 5 балів:

- повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове виконання);
- достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне виконання з незначними неточностями);
- неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (робота виконана з певними недоліками);
- відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

## **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

- *Перелік питань екзаменаційної контрольної роботи знаходиться в Додатку Б.*
- *Лабораторні роботи плануються з максимальним використанням обладнання лабораторій ЦККНО «Матеріалознавство тугоплавких сполук та композитів» при ІМЗ ім. Є.О. Патона, яке застосовується при одержанні та дослідженні широкого спектру порошкових, композиційних матеріалів та покриттів. Лекційний курс планується таким чином, щоб розглянути можливість створення нових функціональних наноматеріалів з покращеними фізико-механічними властивостями застосовуючи сучасні підходи по вибору фазових складових та технології отримання з них композиційних матеріалів із потрібною структурою. Лабораторні роботи проводяться у такій послідовності, щоб максимально дати студентам основні принципи створення композиційних матеріалів та наступного визначення їх основних властивостей в залежності від наноструктури та фазового складу.*

### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** доцент, к.т.н, старший дослідник Солодкий Є. В.

**Ухвалено** кафедрою ВТМта ПМ (протокол № 21 від 8 липня 2022 р.)

**Погоджено** Методичною комісією ННІМЗ ім. Є. О.Патона (протокол № 10/22 від 10 липня 2022 р.)

## Перелік питань модульної контрольної роботи

1. Що таке розмірний ефект?
2. Хімічні методи отримання наноматеріалів
3. Фізичні методи отримання наноматеріалів
4. Літографія
5. Структурна ієрархія матеріалів
6. Класифікація матеріалів за функціональним призначенням
7. Ефект Холла-Петча
8. Застосування конструкційної кераміки
9. Найважливіші діелектричні характеристики матеріалів
10. Вплив структури на механічні властивості матеріалів
11. Вплив структури на діелектричні характеристики матеріалів
12. Радіопрозори матеріали. Радіопрозора кераміка
13. Суть методу іскроплазмового спікання
14. Суть методу неізотермічного спікання наноматеріалів
15. Мікрохвильове спікання керамічних нанопорошків
16. Вплив наноструктури на магнітні властивості
17. Вплив структури на фотонні властивості
18. Термоелектричний пристрій. Ефект Зебека.
19. Поняття про іонну провідність
20. Вплив структури матеріалу на іонну провідність
21. Керамічні електроліти
22. Керамічні іонні провідники для паливних комірок.
23. Лиття тонких плівок керамічних нанопорошків
24. Скрінінг тонких плівок із керамічних нанопорошків
25. Композиційні наноматеріали на полімерній основі.
26. Класифікація нанонаповнювачів для полімеро-матричних композиційних матеріалів.
27. Класифікація полімерних нанокомпозитів та їх застосування.



Перелік питань екзаменаційної контрольної роботи

1. Розмірний ефект. Приклади розмірного ефекту.
2. Методи отримання наноматеріалів
3. Структурна ієрархія матеріалів
4. Класифікація матеріалів за функціональним призначенням
5. Ефект Холла-Петча
6. Застосування конструкційної кераміки
7. Найважливіші діелектричні характеристики матеріалів
8. Радіопрозори матеріали. Радіопрозора кераміка
9. Методи консолідації наноструктуриних матеріалів
10. Вплив наноструктури на магнітні властивості
11. Вплив структури на фотонні властивості
12. Термоелектричний пристрій. Ефект Зебека.
13. Поняття про іонну провідність
14. . Керамічні іонні провідники для паливних комірок.
15. Методи виготовлення іонних провідників.
16. Композиційні наноматеріали на полімерній основі. Застосування.