



БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНІ НАНОКОМПОЗИТИ

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-наукова програма Матеріалознавство</i> |
| Статус дисципліни | <i>Вибіркова</i> |
| Форма навчання | <i>очна(денна)/дистанційна/ змішана</i> |
| Рік підготовки, семестр | <i>2 курс, осінній 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>https://roz.kpi.ua/</i> |
| Мова викладання | <i>Українська</i> |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | <i>Лектор: к.т.н., старший дослідник, доцент Бродніковський Є., bregor@ukr.net Лабораторні заняття: к.т.н., старший дослідник, доцент Бродніковський Є., bregor@ukr.net</i> |
| Розміщення курсу | <i>https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?session=478952b96f5d</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 матеріалу з бажаними фізико-механічними властивостями в залежності від їх структури, хімічного та фазового складу на прикладі створення керамічної паливної комірки (КПК). КПК за своєю суттю є складним багатошаровим композитом, кожна складова якого підбирається для забезпечення певних електрохімічних властивостей. 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 наноконкомпозити” – 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. Вступ. Багатофункціональні матеріали. Наноструктуровані матеріали.

Розділ 2. Матеріали відновної енергетики. Матеріали складових керамічних паливних комірок.

Розділ 3. Високопористі функціональні наноматеріали.

Розділ 4. Функціональні 2D матеріали. Графен, фулерен, максен.

Розділ 5. Матеріали для накопичення енергії.

Розділ 6. Епоксидні нанокompозити.

Розділ 7. Наноплівки.

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. Структуроутворення керамічних матеріалів / Г.С.Олейник .– «Наукова думка», м.Київ,2018,сторінок 352.
3. Оксидні наноматеріали. Синтез, управління структурою та властивостями / В. Малишев, Н. Куцевська, О. Папроцька. – Університет Україна, 2017. – 168 с.
4. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.
5. Однорорець Л. В. Матеріали і компоненти функціональної електроніки : навч. посібник / Л. В. Однорорець, І. М. Пазуха. – Суми : СумДУ, 2020. – 196 с.
6. Зауличний Я. В. Фізика конденсованого стану для матеріалознавців / Я. В. Зауличний, Ю. В. Яворський. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 503 с.
7. Фізика конденсованого стану матеріалів : навч. посіб. / Т.П. Говорун, В.О. Пчелінцев, В. М. Радзієвський, Л.В. Носонова. – Суми: СумДУ, 2015. – 236 с.
8. 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 : ФОП Теліцин О.В., 2017. – 368 с.
9. Кшнякин В. С. Основи фізичного матеріалознавства: 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.ive.org.ua/wp-content/uploads/Monografia_final_21.12.2020.pdf
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/>
9. <https://www.scopus.com/>

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

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. Організація очного/дистанційного навчання. Проведення лекційних і лабораторних занять. Рейтингова система оцінювання. Багатофункціональні матеріали. Наноструктуровані матеріали.

Лекція 2-7. Матеріали відновної енергетики. Паливні комірки. Історія розвитку паливних комірок. матеріалами. Література: [1-9].

Лекція 8. **Модульна контрольна робота.**

Лекція 9-10. Високопористі функціональні наноматеріали. Література: [1-9].

Лекція 11-12. Функціональні 2D-матеріали. Графен, фулерен, максен. Література: [1-9].

Лекція 13-14. Матеріали для накопичення енергії. Література: [1-9].

Лекція 15-16. Епоксидні наноконструкції. Література: [1-9].

Лекція 17-18. Наноплівки. Література: [1-9].

Основні завдання циклу лабораторних занять:

- отримати нові знання щодо принципів створення функціонального матеріалу та впливу на його структуру та властивості.
- отримання практичних навичок з розрахунків ефективності роботи паливних комірок.
- ознайомлення з діяльністю Лабораторії Керамічних паливних комірок ІПМ НАН України.

Зміст лабораторних занять

1. Вивчення особливостей виготовлення шихти з суміші оксидних порошків (4 годин).
2. Вивчення особливостей ущільнення функціональної оксидної кераміки (4 годин).
3. Особливості виготовлення КПК (6 годин).
4. Визначення ефективності роботи паливної комірки (4 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).

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 університету 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.

Максимальна кількість стартових балів складає – 50. Умови допуску до семестрового контролю: виконання та захист усіх лабораторних робіт та МКР.

Екзамен проводиться у вигляді письмової роботи і включає 3 теоретичних питання зі списку Додатку Б, на підготовку яких 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 ознайомити студентів із основними принципами створення композиційних матеріалів та наступного визначення їх основних властивостей в залежності від наноструктури та фазового складу.
- Результати навчання за даною дисципліною здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому

може бути перезарахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перезарахування (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті".

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент, к.т.н, старший дослідник Бродніковський Є. М.

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 16 від 21 червня 2023 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 12/23 від 28 червня 2023 р.)

Перелік питань модульної контрольної роботи

1. Вимоги до матеріалів електроліту керамічної паливної комірки (КПК).
2. Принцип роботи КПК. Особливості підбору матеріалів складових КПК.
3. Функції аноду КПК. Вибір матеріалів.
4. Функції електроліту КПК. Вибір матеріалів.
5. Особливості створення структури керамічного електроліту для забезпечення його властивостей.
6. Поняття про іонну провідність
7. Класифікація матеріалів за функціональним призначенням
8. Оксид цирконію. Алотропічні перетворення його кристалічної ґратки.
9. Стабілізація оксиду цирконію. Вплив на його механічні та електричні властивості.
10. Найперспективніші матеріали керамічних електролітів паливних комірок.
11. Вплив структури на механічні властивості матеріалів.
12. Вплив структури на діелектричні характеристики матеріалів.
13. Особливості підбору матеріалів електродів паливних комірок.
14. Керамічні іонні провідники для паливних комірок.
15. Лиття тонких плівок керамічних нанопорошків