

**Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича**  
(повне найменування вищого навчального закладу)

**Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів**  
(назва інституту)

**Кафедра** хімії та експертизи харчової продукції  
(назва кафедри)



**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Директор навчально-наукового інституту біології, хімії та біоресурсів

Руслан БЕСПАЛЬКО  
«31» серпня 2026 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
**навчальної дисципліни**

Нанопотокаталіз  
(назва навчальної дисципліни)

вибіркова

(вказати: обов’язкова / вибіркова)

**Освітньо-професійна програма**

«Хімія»

(вказати назву ОПП)

**Спеціальність**

ЕЗ «Хімія»

(вказати: код, назва)

**Галузь знань**

Е «Природничі науки, математика та статистика»

(вказати: шифр, назва)

**Рівень вищої освіти**

Другий (магістерський)

(вказати: перший бакалаврський/другий магістерський)

Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів

(назва факультету/інституту, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаною освітньо-професійною програмою)

**Мова навчання**

українська

(вказати: якою мовою читається дисципліна)

**Чернівці 2026 рік**

Робоча програма навчальної дисципліни «Нанофотокаталіз» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Хімія».

**Розробники:** Кобаса Ігор Михайлович, професор кафедри хімії та експертизи харчової продукції, д.х.н, професор

(П.І.Б. авторів, посада, науковий ступінь, вчене звання)

**Викладачі:** Кобаса Ігор Михайлович, професор кафедри хімії та експертизи харчової продукції, д.х.н, професор

(П.І.Б. авторів, посада, науковий ступінь, вчене звання)

Погоджено з гарантом ОП

Копач

Олег КОПАЧ

Затверджено на засіданні  
кафедри

хімії та експертизи харчової продукції

Протокол № 1 від 27 серпня 2026 року

Завідувач кафедри

(підпис)

Анастасія САЧКО

(прізвище та ініціали)

Схвалено методичною радою Навчально-науковий інституту біології, хімії та навчально-наукового інституту біоресурсів

Протокол № 1 від 31 серпня 2026 року

Голова методичної ради

(підпис)

Галина МОСКАЛИК

(прізвище та ініціали)

## Анотація

Навчальна дисципліна «Нанопотокаталіз» спрямована на формування у студентів-магістрів системних знань про теоретичні основи, механізми та сучасні практичні застосування фотокаталітичних процесів із використанням наноструктурованих матеріалів. У межах дисципліни розглядаються фізико-хімічні основи фотокаталізу, особливості електронної структури та поверхневих властивостей наноматеріалів, механізми генерації та перенесення фотоіндукованих носіїв заряду, утворення активних форм кисню та їх роль у фотокаталітичних перетвореннях. Особливу увагу приділено нанодисперсним напівпровідниковим фотокаталізаторам, методам їх синтезу, модифікації та дослідження, а також впливу розміру частинок, морфології, дефектної структури, фазового складу та поверхневих властивостей на фотокаталітичну активність. Розглядаються сучасні підходи до підвищення ефективності фотокаталізаторів, зокрема легування, сенсibiliзація, створення гетероструктур та композитних наноматеріалів. Дисципліна також охоплює практичні застосування нанопотокаталізу для очищення води й повітря, деградації органічних забруднювачів, знезараження та антибактеріального захисту, одержання цінних хімічних продуктів і перетворення сонячної енергії. У результаті вивчення дисципліни студенти набувають навиків аналізувати закономірності фотокаталітичних процесів, обирати та характеризувати нанопотокаталізатори, оцінювати їх ефективність і обґрунтовувати можливості практичного використання.

**Метою** навчальної дисципліни є формування у студентів-магістрів системних знань про теоретичні основи, фізико-хімічні механізми та практичні аспекти нанопотокаталітичних процесів, а також набуття компетентностей щодо синтезу, модифікації, характеристики та оцінювання фотокаталітичної активності наноструктурованих матеріалів. Особлива увага приділяється розумінню взаємозв'язку між складом, структурою, морфологією, електронними та поверхневими властивостями наноматеріалів і їх фотокаталітичною активністю, механізмам генерації та перенесення фотоіндукованих носіїв заряду, утворенню реакційноздатних частинок та їх участі у фотохімічних перетвореннях. **Метою** також є формування здатності студентів застосовувати сучасні методи дослідження та оцінювання нанопотокаталізаторів, аналізувати результати експериментальних досліджень і використовувати отримані знання для розв'язання прикладних завдань у галузях очищення води й повітря, деградації забруднювачів, антибактеріального захисту, органічного синтезу та перетворення сонячної енергії.

### Пререквізити

Вивчення навчальної дисципліни «Нанопотокаталіз» передбачає попереднє опанування студентами фундаментальних і фахових дисциплін хімічного спрямування, зокрема загальної та неорганічної хімії, фізичної хімії, органічної хімії, квантової хімії, хімічної кінетики та каталізу, спектроскопічних методів аналізу й фізики напівпровідників. Базовими для засвоєння дисципліни є знання про будову атомів і молекул, хімічний зв'язок, термодинаміку та кінетику хімічних процесів, окисно-відновні реакції, взаємодію електромагнітного випромінювання з речовиною, електронну структуру твердих тіл і основні методи фізико-хімічного дослідження матеріалів. Необхідними є також базові навички математичного опрацювання експериментальних даних, аналізу спектральної інформації та використання сучасних інформаційних ресурсів для пошуку й опрацювання наукової літератури.

### Результати навчання

Відповідно до ОПП «Хімія», вивчення дисципліни «Нанопотокаталіз» сприяє формуванню у здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти таких компетентностей:

#### Загальні компетентності:

- **ЗК 2.** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- **ЗК 4.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- **ЗК 6.** Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- **ЗК 7.** Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.
- **ЗК 14.** Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел.

### ***Фахові компетентності:***

- **ФК 2.** Здатність будувати адекватні моделі хімічних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, в тому числі з використанням методів молекулярного, математичного і комп'ютерного моделювання.
- **ФК 5.** Здатність застосовувати методи комп'ютерного моделювання для вирішення наукових, хіміко-технологічних проблем та проблем хімічного матеріалознавства.
- **ФК 6.** Здатність здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх із уже наявними.
- **ФК 8.** Здатність формувати нові гіпотези та наукові задачі в галузі хімії, вибирати напрями та відповідні методи для їх розв'язання на основі розуміння сучасної проблематики досліджень в галузі хімії та беручи до уваги наявні ресурси.
- **ФК 9.** Здатність обирати оптимальні методи та методики дослідження.
- **ФК 11.** Здатність характеризувати досягнення хімічної науки та сучасний стан хімічного виробництва, їх ролі у житті суспільства.

Вивчення даної навчальної дисципліни забезпечує досягнення здобувачем наступних ***програмних результатів навчання:***

- **ПРН 1.** Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.
- **ПРН 2.** Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються хімії наночастинок та хімії твердого тіла, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.
- **ПРН 3.** Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії.
- **ПРН 5.** Володіти методами комп'ютерного моделювання структури, параметрів і динаміки хімічних систем.
- **ПРН 10.** Планувати, організовувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.
- **ПРН 13.** Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.
- **ПРН 14.** Володіння загальною методологією здійснення наукового дослідження.
- **ПРН16.** Вміти синтезувати та досліджувати наноматеріали різних класів. Знати особливості поводження з ними.

У результаті вивчення даної дисципліни здобувачі вищої освіти повинні:

### ***знати:***

- теоретичні основи та основні закономірності фотокаталітичних процесів і їх відмінності від традиційних каталітичних процесів;
- фізико-хімічні принципи функціонування наноструктурованих фотокаталізаторів та особливості їх поверхневих і електронних властивостей;
- основні типи напівпровідникових фотокаталізаторів, їх склад, структуру, морфологію та способи отримання;
- механізми поглинання світла, генерації, розділення, перенесення та рекомбінації фотоіндукованих носіїв заряду;
- механізми утворення та роль активних форм кисню (ROS) у фотокаталітичних окисно-відновних процесах;
- закономірності впливу розміру наночастинок, питомої поверхні, кристалічної структури, дефектів, фазового складу та поверхневих властивостей на фотокаталітичну активність;
- сучасні способи модифікації нанофотокаталізаторів, зокрема легування, сенсibilізацію, створення гетеропереходів, композитів та поверхневу функціоналізацію;
- основні методи синтезу та фізико-хімічної характеристики нанофотокаталізаторів;

- принципи та можливості застосування спектроскопічних, структурних, морфологічних і електрохімічних методів для дослідження фотокаталітичних матеріалів;
- основні кінетичні закономірності фотокаталітичних реакцій та методи оцінювання фотокаталітичної ефективності;
- сучасні напрями застосування нанофотокаталізу для очищення води та повітря, деградації органічних забруднювачів, знезараження, антибактеріального захисту та синтезу цінних хімічних речовин;
- основні сучасні підходи до використання нанофотокаталізу для перетворення та акумулювання сонячної енергії;
- сучасні тенденції розвитку нанофотокаталізу, проблеми масштабування фотокаталітичних технологій та критерії оцінювання їх ефективності, стабільності та екологічної безпечності.

#### **вміти:**

- фізико-хімічні основи та механізми перебігу фотокаталітичних процесів із використанням наноструктурованих матеріалів;
- аналізувати взаємозв'язок між структурою, морфологією, електронними властивостями, дефектністю та фотокаталітичною активністю наноматеріалів;
- обґрунтовано обирати тип нанофотокаталізатора відповідно до поставленого фотокаталітичного завдання;
- оцінювати вплив розміру частинок, питомої поверхні, фазового складу, дефектів і поверхневих властивостей на ефективність фотокаталітичних процесів;
- застосовувати сучасні методи синтезу, модифікації та функціоналізації нанофотокаталізаторів;
- використовувати сучасні фізико-хімічні методи для дослідження структури, морфології, оптичних, електронних і поверхневих властивостей нанофотокаталізаторів;
- аналізувати та інтерпретувати результати УФ–видимої спектроскопії, фотолюмінесценції, ІЧ- та Raman-спектроскопії, рентгенівської дифракції та інших методів характеристики;
- визначати та оцінювати фотокаталітичну активність і стабільність наноматеріалів за результатами експериментальних досліджень;
- аналізувати кінетику фотокаталітичних реакцій та визначати основні кінетичні параметри процесів;
- встановлювати можливі механізми фотокаталітичних перетворень з урахуванням утворення та участі активних форм кисню;
- оцінювати ефективність модифікації фотокаталізаторів шляхом легування, сенсibilізації, створення гетероструктур та нанокомпозитів;
- опрацьовувати, систематизувати та критично оцінювати наукову інформацію щодо сучасних досягнень у галузі нанофотокаталізу;
- застосовувати отримані знання для розв'язання практичних задач, пов'язаних із деградацією забруднювачів, очищенням води та повітря, знезараженням і антибактеріальним захистом;
- проводити порівняльний аналіз різних нанофотокаталізаторів та обґрунтовувати вибір оптимального матеріалу для конкретного процесу;
- представляти та обговорювати результати експериментальних досліджень, формулювати обґрунтовані наукові висновки та оцінювати перспективи практичного застосування нанофотокаталітичних технологій.

**Опис змісту робочої програми навчальної дисципліни**  
**Загальна інформація про розподіл годин**

| Назва навчальної дисципліни: «Нанопотокаталіз» |                |         |           |       |                   |                 |           |             |             |                   |                           |                        |
|------------------------------------------------|----------------|---------|-----------|-------|-------------------|-----------------|-----------|-------------|-------------|-------------------|---------------------------|------------------------|
| Форма навчання                                 | рік підготовки | семестр | Кількість |       |                   | Кількість годин |           |             |             |                   | Вид підсумкового контролю |                        |
|                                                |                |         | кредитів  | годин | змістових модулів | лекції          | практичні | семінарські | лабораторні | самостійна робота |                           | індивідуальні завдання |
| Денна                                          | 1              | 2       | 3         | 90    | 2                 | 14              | -         | -           | 16          | 60                | -                         | Залік                  |

**Структура змісту навчальної дисципліни**

| Назви змістових модулів і тем                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Кількість годин                                                                                     |              |   |     |     |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---|-----|-----|------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | денна форма                                                                                         |              |   |     |     |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | усього                                                                                              | у тому числі |   |     |     |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                     | л            | п | лаб | інд | с.р. |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2                                                                                                   | 3            | 4 | 5   | 6   | 7    |
| <b>Теми та план лекційних занять</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Змістовий модуль 1. Теоретичні основи та фізико-хімічні властивості нанопотокаталізаторів</b>    |              |   |     |     |      |
| <b>Тема 1.</b> Теоретичні основи фотокаталізу та нанопотокаталізу. Поняття та основні принципи фотокаталізу. Механізм фотокаталітичних процесів. Роль світла, каталізатора та поверхні. Особливості нанопотокаталізу.                                                                                                        | 11                                                                                                  | 2            | - | 2   | -   | 7    |
| <b>Тема 2.</b> Наноструктуровані напівпровідникові фотокаталізатори. Електронна структура напівпровідників. Зонна теорія. Ширина забороненої зони. Генерація та рекомбінація електрон-діркових пар. Основні типи нанопотокаталізаторів.                                                                                      | 11                                                                                                  | 2            | - | 2   | -   | 7    |
| <b>Тема 3.</b> Синтез, структура та фізико-хімічні властивості нанопотокаталізаторів. Сучасні методи одержання наноматеріалів. Розмір і форма наночастинок, питома поверхня, кристалічність, поліморфізм і дефектна структура. Взаємозв'язок «структура–властивості–активність».                                             | 12                                                                                                  | 2            | - | 2   | -   | 8    |
| <b>Тема 4.</b> Механізми фотокаталітичних окисно-відновних процесів. Генерація та транспорт фотоіндукованих носіїв заряду. Поверхневі реакції. Утворення активних форм кисню ( $\cdot\text{OH}$ , $\text{O}_2\cdot^-$ , $\text{H}_2\text{O}_2$ та ін.). Механізми окиснення та відновлення органічних і неорганічних сполук. | 11                                                                                                  | 1            | - | 2   | -   | 8    |
| Разом за ЗМ1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 45                                                                                                  | 7            | - | 8   | -   | 30   |
| <b>Теми та план лекційних занять</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Змістовий модуль 2. Модифікація, дослідження та практичне застосування нанопотокаталізаторів</b> |              |   |     |     |      |
| <b>Тема 5.</b> Модифікація та підвищення ефективності нанопотокаталізаторів. Легування та допування. Сенсibilізація напівпровідників                                                                                                                                                                                         | 11                                                                                                  | 2            | - | 2   | -   | 7    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |    |   |    |   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|---|----|---|----|
| барвниками. Гетероструктури та гетеропереходи. Наноккомпозити. Поверхнева модифікація та способи зниження рекомбінації носіїв заряду.                                                                                                                                                                                             |    |    |   |    |   |    |
| <b>Тема 6.</b> Методи дослідження та оцінювання фотокаталітичної активності наноматеріалів. Рентгенівська дифракція, електронна мікроскопія, спектроскопічні та оптичні методи. Дослідження поверхні й електронних властивостей. Кінетичні моделі фотокаталітичних реакцій. Критерії оцінювання активності та стабільності.       | 12 | 2  | - | 2  | - | 8  |
| <b>Тема 7.</b> Практичне застосування нанофотокаталізу в екологічних та біомедичних технологіях. Фотокаталітичне очищення води й повітря. Деградація органічних забруднювачів і фармацевтичних речовин. Фотокаталітичне знезараження. Антибактеріальна та антимікробна дія нанофотокаталізаторів.                                 | 12 | 2  | - | 2  | - | 8  |
| <b>Тема 8.</b> Сучасні перспективи та новітні напрями розвитку нанофотокаталізу. Фотокаталітичне одержання водню та цінних хімічних продуктів. Перетворення сонячної енергії. CO <sub>2</sub> -фотоконверсія. Сонячні фотокаталітичні системи. Проблеми масштабування, стабільності та екологічної безпеки нанофотокаталізаторів. | 11 | 1  |   | 2  |   | 8  |
| Разом за ЗМ 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 45 | 7  | - | 8  | - | 30 |
| <b>Усього годин</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 90 | 14 | - | 16 | - | 60 |

### *Тематика та зміст лабораторних занять*

| № з/п | Назва теми (завдання)                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Дослідження фотокаталітичної активності нанодисперсного TiO <sub>2</sub> . Вивчення процесу фотокаталітичної деградації модельної органічної сполуки під дією нанодисперсного TiO <sub>2</sub> . Визначення ступеня перетворення та оцінювання фотокаталітичної ефективності. |
| 2     | Вплив концентрації нанофотокаталізатора на ефективність фотокаталітичного процесу. Дослідження залежності швидкості та ступеня фотокаталітичного перетворення від концентрації наночастинок TiO <sub>2</sub> . Визначення оптимальної концентрації каталізатора.              |
| 3     | Вплив умов освітлення на фотокаталітичну активність наноматеріалів. Дослідження впливу довжини хвилі, інтенсивності та тривалості опромінення на перебіг фотокаталітичної реакції.                                                                                            |
| 4     | Дослідження впливу рН середовища на фотокаталітичний процес. Встановлення залежності фотокаталітичної активності нанофотокаталізатора від кислотності середовища та аналіз можливих механізмів впливу рН.                                                                     |
| 5     | Спектрофотометричне дослідження фотокаталітичної деградації органічних сполук. Використання УФ-видимої спектрофотометрії для моніторингу зміни концентрації модельного забруднювача під час фотокаталітичного процесу та визначення кінетичних параметрів реакції.            |
| 6     | Порівняльне дослідження фотокаталітичної активності різних наноматеріалів. Порівняння ефективності TiO <sub>2</sub> та інших напівпровідникових нанофотокаталізаторів у модельних фотокаталітичних реакціях.                                                                  |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | Дослідження впливу модифікації нанофотокаталізатора на його фотокаталітичну активність. Порівняння властивостей та активності немодифікованого і модифікованого $\text{TiO}_2$ ; аналіз ефекту допування, сенсibilізації або створення композиту. |
|   | Визначення кінетичних параметрів та оцінювання механізму фотокаталітичної реакції. Побудова кінетичних залежностей, визначення константи швидкості, порядку реакції та ефективності фотокаталітичного процесу; аналіз ролі активних форм кисню.   |

### ***Зміст завдань для самостійної роботи***

| № з/п | Назви тем                                                                                                                           |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Історія становлення та сучасний розвиток фотокаталізу і нанофотокаталізу.                                                           |
| 2     | Фізико-хімічні основи взаємодії світла з напівпровідниковими наноматеріалами.                                                       |
| 3     | Електронна структура та зонна теорія напівпровідникових фотокаталізаторів.                                                          |
| 4     | Титан(IV) оксид як модельний нанофотокаталізатор: структура, властивості та практичне застосування.                                 |
| 5     | Поліморфні модифікації $\text{TiO}_2$ та їх вплив на фотокаталітичну активність.                                                    |
| 6     | Вплив розміру, форми та питомої поверхні наночастинок на фотокаталітичні властивості.                                               |
| 7     | Дефекти кристалічної структури та поверхневі активні центри нанофотокаталізаторів.                                                  |
| 8     | Механізми генерації, перенесення та рекомбінації фотоіндукованих носіїв заряду.                                                     |
| 9     | Активні форми кисню та їх роль у фотокаталітичних окисно-відновних процесах.                                                        |
| 10    | Сучасні методи модифікації нанофотокаталізаторів: легування, допування та поверхнева функціоналізація.                              |
| 11    | Сенсibilізація напівпровідникових фотокаталізаторів органічними барвниками.                                                         |
| 12    | Гетероструктури та нанокompозити як засіб підвищення ефективності фотокаталізу.                                                     |
| 13    | Фотокаталітична деградація органічних забруднювачів води: механізми та сучасні технології.                                          |
| 14    | Антибактеріальні та антимікробні властивості нанофотокаталізаторів.                                                                 |
| 15    | Перспективні напрями нанофотокаталізу: фотокаталітичне одержання водню, відновлення $\text{CO}_2$ та перетворення сонячної енергії. |

Контроль виконання та оцінювання завдань, винесених на самостійне опрацювання, проводиться в процесі вивчення тем кожного змістовного модуля.

### **Методи навчання**

Для викладання матеріалів з навчальної дисципліни «Нанофотокаталіз» використовуються наступні методи навчання.

#### *Словесні методи навчання. Навчальна лекція*

За допомогою цього методу забезпечується усне викладення матеріалу. В ході лекції використовуються прийоми усного викладення інформації, підтримання уваги протягом тривалого часу, активізації мислення здобувачів вищої освіти, прийоми забезпечення логічного запам'ятовування, переконання, аргументації, доказів, систематизації й узагальнення.

### *Індуктивний метод навчання*

Цей метод навчання використовується в рамках лекційних занять, коли матеріал носить, здебільшого, фактичний характер. У рамках лабораторних занять метод застосовується при виконанні лабораторних робіт, коли здобувачі використовують раніше здобуті теоретичні знання.

### *Репродуктивний метод навчання*

Метод навчання використовується в рамках лекційних і лабораторних занять, а також під час самостійної роботи. Метод передбачає роботу здобувачів за визначеним алгоритмом. Згідно з методом для виконання завдань здобувачам вищої освіти надаються методичні вказівки, правила.

### *Проблемно-пошукові методи навчання*

Проблемно-пошукові методи застосовуються в ході проблемного навчання, а саме в процесі виконання лабораторних робіт та індивідуальних науково-дослідних завдань. Варто зауважити, що під проблемною ситуацією треба вважати невідповідність між тим, що вивчається та вже вивченим. За використання проблемно-пошукових методів навчання викладач використовує такі прийоми: створює проблемну ситуацію (ставить питання, пропонує задачу, експериментальне завдання), організовує колективне обговорення можливих підходів до вирішення проблемної ситуації, стимулює висунення гіпотез, тощо. Здобувачі роблять припущення про шляхи вирішення проблемної ситуації, узагальнюють раніше набуті знання, виявляють причини явищ, пояснюють їхнє походження, вибирають найбільш раціональний варіант вирішення проблемної ситуації. Викладач обов'язково керує цим процесом на всіх етапах, а також за допомогою запитань-підказок. Також цей метод використовується під час опрацювання матеріалів у системі дистанційної освіти «Moodle».

### *Наочний метод навчання*

Наочний метод достатньо важливий для здобувачів, оскільки забезпечує візуальне подання навчального матеріалу, зокрема, з використанням інформаційно-комунікаційних технологій. При викладанні дисципліни наочний метод навчання поєднується зі словесними методами для представлення інформації у вигляді таблиць, рисунків, схем та діаграм.

## **Система контролю та оцінювання**

У процесі вивчення навчальної дисципліни «**Нанопотокаталіз**» використовуються наступні **методи контролю навчальних досягнень здобувачів вищої освіти**:

- ✓ усний контроль (в ході опитування, бесіди);
- ✓ письмовий контроль (контрольна робота в письмовій формі);
- ✓ комбінований контроль;
- ✓ тестовий контроль;
- ✓ лабораторний контроль (захист лабораторних робіт).

**Формою підсумкового контролю є залік.**

## Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни «Нанопотокаталіз» на поточному та підсумковому контролі

Розподіл балів, які отримує студент

| Поточне оцінювання<br>(аудиторна та самостійна робота) |     |     |     |                    |     |     |     | Кількість балів<br>(екзамен) | Сумарна<br>к-ть балів |
|--------------------------------------------------------|-----|-----|-----|--------------------|-----|-----|-----|------------------------------|-----------------------|
| Змістовий модуль 1                                     |     |     |     | Змістовий модуль 2 |     |     |     | 30                           | 100                   |
| T 1                                                    | T 2 | T 3 | T 4 | T 5                | T 6 | T 7 | T 8 |                              |                       |
| 8                                                      | 8   | 9   | 9   | 9                  | 9   | 9   | 9   |                              |                       |

Підсумкова оцінка, як показник результатів вивчення навчальної дисципліни, складається із сумарної кількості балів за поточне оцінювання – **70 балів** та підсумкового модуль-контролю (екзамену) – **30 балів**, за **100-бальною університетською шкалою**, яка переводиться відповідно у національну шкалу («незадовільно», «задовільно», «добре», «відмінно») та шкалою європейської кредитно-трансферної системи (ЄКТС) (F, FX, E, D, C, B, A).

### Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

| Оцінка за національною<br>шкалою | Оцінка за шкалою ЄКТС |                                                                                                                     |
|----------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  | Оцінка (бали)         | Пояснення за<br>розширеною шкалою                                                                                   |
| Відмінно                         | A (90-100)            | відмінно                                                                                                            |
| Добре                            | B (80-89)             | дуже добре                                                                                                          |
|                                  | C (70-79)             | добре                                                                                                               |
| Задовільно                       | D (60-69)             | задовільно                                                                                                          |
|                                  | E (50-59)             | достатньо                                                                                                           |
| Незадовільно                     | FX (35-49)            | (незадовільно)<br>з можливістю повторного складання                                                                 |
|                                  | F (1-34)              | (незадовільно)<br>з обов'язковим самостійним<br>повторним опрацюванням<br>освітнього компонента<br>до перескладання |

### Перелік питань для самоконтролю й контролю навчальних досягнень студентів з дисципліни «Нанопотокаталіз»

1. Що таке фотокаталіз і які основні відмінності між фотокаталітичними та традиційними каталітичними процесами?
2. У чому полягають особливості нанопотокаталізу та переваги використання наноструктурованих фотокаталізаторів?
3. Які основні властивості напівпровідників визначають їх фотокаталітичну активність?
4. Що таке зонна структура напівпровідника та яке значення мають валентна зона, зона провідності й ширина забороненої зони?
5. Як відбувається генерація електрон-діркових пар під дією світлового випромінювання?
6. Які процеси перенесення та рекомбінації фотоіндукованих носіїв заряду відбуваються у фотокаталізаторі?
7. Які фактори визначають ефективність розділення та перенесення фотоіндукованих електронів і дірок?
8. Які активні форми кисню утворюються під час фотокаталітичного процесу та яку роль вони відіграють?
9. Які особливості структури, морфології та поверхні наночастинок впливають на їх фотокаталітичну активність?

10. Яким чином розмір наночастинок і питома поверхня впливають на швидкість фотокаталітичних реакцій?
11. Які поліморфні модифікації  $\text{TiO}_2$  відомі та чим вони відрізняються за структурою і фотокаталітичними властивостями?
12. Які основні методи використовують для синтезу нанофотокаталізаторів? У чому полягають їхні переваги та недоліки?
13. Які сучасні методи застосовують для визначення фазового складу, розміру частинок, морфології та структурних властивостей нанофотокаталізаторів?
14. Які спектроскопічні методи можна використовувати для дослідження оптичних та електронних властивостей нанофотокаталізаторів?
15. Що таке фотокаталітична активність і якими параметрами її можна кількісно оцінити?
16. Як впливають рН середовища, концентрація каталізатора, концентрація субстрату, температура та інтенсивність освітлення на фотокаталітичний процес?
17. У чому полягає сутність кінетичної моделі Ленгмюра–Хіншелвуда та за яких умов її застосовують для опису фотокаталітичних реакцій?
18. Які методи модифікації нанофотокаталізаторів використовують для підвищення їхньої активності у видимій області спектра?
19. У чому полягають механізми сенсibiliзації напівпровідників органічними барвниками та утворення гетероструктур?
20. Які перспективи практичного застосування нанофотокаталізу в очищенні води й повітря, знезараженні, антибактеріальному захисті, одержанні водню та перетворенні  $\text{CO}_2$ ?

Зарахування результатів неформальної освіти Якщо здобувач освіти отримав знання окрім формальної освіти у неформальній/інформальній освіті, зарахування результатів навчання здійснюється згідно положення «Порядок визнання у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти» та рішення кафедри (на основі аргументування викладача, що тематика семінарів, вебінарів, воркшопів, тренінгів, у яких взяв участь студент підтверджується сертифікатом, програмою, а також відповідає змісту навчальної дисципліни (окремій темі або змістовому модулю тощо) та / або інформальної освіти з проблем, які відповідають тематиці курсу. <https://www.chnu.edu.ua/university/normatyvni-dokumenty/poriadok-vyznannia-uchernivetskomu-natsionalnomu-universyteti-imeni-yurii-fedkovycha-rezultativ-navchanniazdobutykh-shliakhom-neformalnoi-taabo-informalnoi-osvity/>

## Рекомендована література

### Основна

1. Gatou M.A., Syrrakou A., Lagopati N., Pavlatou E.A. Photocatalytic  $\text{TiO}_2$ -Based Nanostructures as a Promising Material for Diverse Environmental Applications: A Review. *Reactions*. 2024. Vol.5, No.1. P.135–194.
2. Tee S.Y., Kong J., Koh J.J., et al. Structurally and surficially activated  $\text{TiO}_2$  nanomaterials for photochemical reactions. *Nanoscale*. 2024. Vol.16, No.39. P.18165–18212.
3. Balapure A., Ray Dutta J., Ganesan R. Recent advances in semiconductor heterojunctions: a detailed review of the fundamentals of photocatalysis, charge transfer mechanism and materials. *RSC Applied Interfaces*. 2024. Vol.1, No.1. P.43–69.
4. Molaei M.J. Principles, mechanism, and identification of S-scheme heterojunction for photocatalysis: A critical review. *Journal of the American Ceramic Society*. 2024. Vol.107, No.9. P.5695–5719.
5. Nagaraj K., Radha S., Deepa C.G., et al. Photocatalytic advancements and applications of titanium dioxide: Progress in biomedical, environmental, and energy sustainability. *Next Research*. 2025. Vol.2, No.1. Article 100180.

6. Bhom F., Isa Y.M. Photocatalytic Hydrogen Production Using TiO<sub>2</sub>-Based Catalysts: A Review. *Global Challenges*. 2024. Vol.8, No.11. Article 2400134.
7. Akbar H., Javed M.S., Iqbal S.T., et al. A review of photocatalytic CO<sub>2</sub> reduction: exploring sustainable carbon emission mitigation from thermodynamics to kinetics and strategies for enhanced efficiency. *J. of the Korean Ceramic Society*. 2024. Vol.61. P.367–390.
8. Thakur N., Thakur N., Kumar A., et al. A critical review on the recent trends of photocatalytic, antibacterial, antioxidant and nanohybrid applications of anatase and rutile TiO<sub>2</sub> nanoparticles. *Science of the Total Environment*. 2024. Vol.914. Article 169815.
9. She P., Li S., Li X., Rao H., Men X., Qin J. Photocatalytic antibacterial agents based on inorganic semiconductor nanomaterials: a review. *Nanoscale*. 2024. Vol.16. P.4961–4973.
10. Wang H., et al. Advanced TiO<sub>2</sub>-Based Photocatalytic Systems for Water Splitting: Comprehensive Review from Fundamentals to Manufacturing. *Molecules*. 2025. Vol.30, No.5. Article 1127.

### Допоміжна

1. Jabbar Z.H., Graimed B.H., Okab A.A., et al. A review study summarizes the main characterization techniques of nano-composite photocatalysts and their applications in photodegradation of organic pollutants. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. 2023. Vol.19. Article 100765.
2. Mu C., Lv C., Meng X., Sun J., Tong Z., Huang K. In Situ Characterization Techniques Applied in Photocatalysis: A Review. *Advanced Materials Interfaces*. 2023. Vol.10. Article 2201842.
3. Güell F., Galdámez-Martínez A., Martínez-Alanis P. R., et al. ZnO-based nanomaterials approach for photocatalytic and sensing applications: recent progress and trends. *Materials Advances*. 2023. Vol.4. P.3685–3707.
4. Thakur N., et al. Latest avenues on titanium oxide-based nanomaterials to mitigate the pollutants and antibacterial: Recent insights, challenges, and future perspectives. *Chemosphere*. 2023. Vol.324. Article 138372.
5. Rana S., Kumar A., Wang T., Dhiman P., Sharma G. Recent progress and new insights on semiconductor heterojunctions powered photocatalytic desulphurization: A review. *Chemosphere*. 2024. Vol.364. Article 143237.
6. Hoque K.A., Sathi S.A., Akter F., et al. Recent advances on photocatalytic CO<sub>2</sub> reduction using CeO<sub>2</sub>-based photocatalysts: A review. *J. of Environmental Chemical Engineering*. 2024. Article 113487.
7. Rokicka-Konieczna P., Morawski A. W. Photocatalytic Bacterial Destruction and Mineralization by TiO<sub>2</sub>-Based Photocatalysts: A Mini Review. *Molecules*. 2024. Vol.29, No.10. Article 2221.
8. Veziroglu S., Shondo J., Tjardts T., et al. Photocatalytic deposition of noble metals on 0D, 1D, and 2D TiO<sub>2</sub> structures: a review. *Nanoscale Advances*. 2024. Vol.6. P.6096–6108.
9. Zakir O., Ait-Karra A., Khardazi S., et al. Recent progress in nanomaterials for water treatment: A comprehensive review of adsorption, photocatalytic, and antibacterial applications. *Journal of Water Process Engineering*. 2025. Vol.72. Article 107566.
10. Sharshir S. W., et al. Nanocomposites for Water Treatment, Photocatalysis, and Challenges: A Systematic Review. *Global Challenges*. 2025. Vol.9, No.10. Article e00217.

## Інформаційне забезпечення

1. Система підтримки дистанційного навчання “Moodle”.  
<https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=2985>
2. ARCher - інституційний репозитарій відкритого доступу представників Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича <https://archer.chnu.edu.ua/>
3. Науково-популярний портал навчальних відео <https://www.youtube.com/user/TheSciGuys>

## Політика академічної доброчесності

Дотримання політики щодо академічної доброчесності учасниками освітнього процесу при вивченні освітнього компонента регламентовано чинними документами ЧНУ:

- «Кодекс академічної доброчесності та етики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича» <https://www.chnu.edu.ua/universytet/normatyvni-dokumenty/kodeks-akademichnoi-dobrochesnosti-ta-etyky-chernivetskoho-natsionalnoho-universytetu-imeni-yurii-fedkovycha/>
- «Положенням про виявлення та запобігання академічного плагіату у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича» <https://www.chnu.edu.ua/universytet/normatyvni-dokumenty/polozhennia-pro-vyavlennia-ta-zapobihannia-akademichnomu-plahiatu-u-chernivetskomu-natsionalnomu-universyteti-imeni-yurii-fedkovycha/>
- «Політика використання штучного інтелекту в Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича» <https://www.chnu.edu.ua/universytet/normatyvni-dokumenty/polityka-vykorystannia-shtuchnoho-intelektu-v-chernivetskomu-natsionalnomu-universyteti-imeni-yurii-fedkovycha-zi-zminamy-zatverdzhenyymi-vchenoiu-radoiu-chnu-imeni-yurii-fedkovycha/>

## Використання здобувачами освіти інструментів штучного інтелекту (ШІ) під час виконання навчальних завдань:

- допускається за умови дотримання принципів академічної доброчесності (здобувач освіти несе відповідальність за зміст, достовірність і результати поданої роботи, а у разі використання ШІ зобов'язаний зазначити факт і спосіб його застосування);
- не допускається використання ШІ як заміни самостійного виконання завдань або з метою порушення вимог академічної доброчесності;
- додаткові обмеження чи вимоги щодо використання ШІ *можуть визначатися* викладачем в освітньому процесі для конкретних видів навчальної діяльності відповідно до особливостей дисципліни.