

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА**



Факультет природничих наук

Кафедра хімії

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ФОТОКАТАЛІЗ

Освітня програма доктора філософії (PhD)

Спеціальність 102 Хімія

Галузь знань 10 Природничі науки

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 1 від 25.01.2024р.

м. Івано-Франківськ – 2024

ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Результати навчання (компетентності)
5. Організація навчання курсу
6. Система оцінювання курсу
7. Політика курсу
8. Рекомендована література

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Фотокаталіз
Викладач (-і)	Професор д.т.н. Курта Сергій Андрійович
Контактний телефон викладача	+3805096851632 +380685618273
Е-mail викладача	sergiykurta@pnu.edu.ua
Формат дисципліни	Лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, самостійна робота
Обсяг дисципліни	6 кредитів, 180 годин
Посилання на сайт дистанційного навчання	доктора філософії (PhD) https://d-learn.pnu.edu.ua
Консультації	Щотижня
2. Анотація до курсу	
<p>Освітній компонент «Фотокаталіз» належить до вибірових дисциплін циклу професійної підготовки. Освітній компонент «Фотокаталіз» вивчається аспірантами спеціальності 102 Хімія у третьому семестрі. Предмет спрямований на ознайомлення аспірантів із фотокатализаторами, їх структурно-морфологічними характеристиками, сучасними дослідженнями і проблемами в області фотокаталізу, зокрема із процесами, які обумовлюють реакційну здатність фотокатализаторів. Аспіранти отримують знання про роль фотокаталізу у вирішенні конкретних проблем екології та навколишнього середовища. Аспіранти отримують уявлення про основні методи ідентифікації та дослідження напівпровідникових матеріалів (Х-променевиий аналіз, електронну мікроскопію, ІЧ-спектроскопію). Без глибоких знань в області фотокаталізу неможлива підготовка висококваліфікованого фахівця в області хімії.</p>	
3. Мета та цілі курсу	
<p>У результаті вивчення курсу аспірант повинен:</p> <p>знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> - механізми фотокаталітичних реакцій, основні активні форми кисню; - структурно-морфологічні особливості основних напівпровідникових матеріалів: титан (IV) оксиду, цинк оксиду, SrTiO₃, BaTiO₃, BiVO₃; - основні типи фотореакторів: реактор періодичної дії, протічний реактор, тонкоплівковий реактор; - особливості контрольованого синтезу наноструктур діоксиду титану; - ефект допування фотокатализаторів металами: TiO₂, ZnO, SnO₂; - структурно-морфологічні особливості нанокompозитних фотокатализаторів на основі графену; - фотокаталітичні властивості нанотрубок TiO₂; - особливості золь-гель синтезу фотокатализаторів TiO₂, TiO₂/SiO₂, TiO₂/SnO₂; - принципи іммобілізації TiO₂ на неорганічних, натуральних та полімерних матеріалах; - способи модифікування TiO₂ з метою зсуву поглинання світла у видимий діапазон; - області застосування фотокаталітичних процесів (очищення забрудненого повітря, питної води та стічних вод); - принципи роботи сонячних колекторів та реакторів для екологічного застосування. <p>вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> - передбачати фотокаталітичні властивості напівпровідникових матеріалів, користуючись значеннями ширини забороненої зони; - проводити визначення ступеня фотодеградації барвників під дією УФ-випромінювання; 	

- визначати кінетикуфотодеградації аніонних барвників під дією UV/TiO₂;
- визначати кінетикуфотодеградації аніонних барвників під дією UV/TiO₂/H₂O₂;
- визначати кінетикуфотодеградації аніонних барвників під дією UV/TiO₂-Fe;
- визначати кінетикуфотодеградації катіонних барвників під дією UV/нанотрубок TiO₂;
- визначати кінетикуфотодеградації катіонних барвників під дією UV/TiO₂-SnO₂.

4. Результати навчання (компетентності)

Загальні компетентності (ЗК):

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
 ЗК2. Здатність до проведення самостійних досліджень на сучасному рівні.
 ЗК3. Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.
 ЗК5. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
 ЗК7. Здатність презентувати наукові матеріали та аргументи у письмовій та усній формі.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):

- СК1. Здатність виконувати оригінальні дослідження, як теоретичні так й експериментальні, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у галузі хімії та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з хімії та суміжних галузей.
 СК2. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок державною та англійською мовами, глибоке розуміння англійських наукових текстів за напрямом досліджень.
 СК3. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних, методи комп'ютерного моделювання, спеціалізоване програмне забезпечення та електронні ресурси у науковій та навчальній діяльності.
 СК5. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері хімії, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

Програмні результати навчання (ПРН):

- ПРН1. Мати передові концептуальні та методологічні знання з хімії та на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.
 ПРН5. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження в галузі хімії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.
 ПРН11. Застосовувати знання про взаємозв'язок хімічної структури з фізичними і хімічними властивостями в ході створення нових перспективних матеріалів.
 ПРН12. Застосовувати знання хімічних теорій до реальних процесів, прогнозувати фізико-хімічні властивості та реакційну здатність речовин.

5. Організація навчання курсу

Обсяг курсу			
Вид заняття		Загальна кількість годин	
Лекції		30	
Практичні заняття		10	
Лабораторні роботи		20	
Самостійна робота		120	
Ознаки курсу			
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / Вибірковий
Третій	102 Хімія	Другий	Вибірковий

Тематика курсу					
Тема, план	Форма заняття	Література	Завдання, год	Вага оцінки	Термін виконання
Тема 1. Фотокаталіз. Фотокаталітичні реакції. Активні форми кисню.	Лекція	[1 — 11]	Л - 2 год СР - 6 год		Згідно розкладу
Тема 2. Напівпровідникові матеріали. Титан (IV) оксид. Цинк оксид.	Лекція	[1 — 11]	Л - 2 год СР - 6 год		Згідно розкладу
Тема 3. Напівпровідникові матеріали. SrTiO ₃ , BaTiO ₃ , BiVO ₃ .	Лекція, практичне заняття	[1 — 11]	Л - 2 год ПЗ - 2 год СР - 6 год	Максимальна оцінка - 5 балів	Згідно розкладу
Тема 4. Фотореактори. Реактор періодичної дії. Протічний реактор. Тонкоплівковий реактор. Лабораторна робота 1. Визначення кінетики фотодеградації аніонних барвників під дією UV/TiO ₂ .	Лекція, лабораторне заняття	[1 — 11]	Л - 2 год ЛР - 4 год СР - 12 год	Максимальна оцінка - 5 балів	Згідно розкладу
Тема 5. Контрольований синтез наноструктур діоксиду титану. Лабораторна робота 2. Визначення кінетики фотодеградації аніонних барвників під дією	Лекція, лабораторне заняття	[1 — 11]	Л - 2 год ЛР - 4 год СР - 12 год	Максимальна оцінка - 5 балів	Згідно розкладу
Тема 6. Ефект допування фотокаталізаторів металами: TiO ₂ , ZnO, SnO ₂ . Лабораторна робота 3. Визначення кінетики фотодеградації аніонних барвників під дією UV/TiO ₂ -Fe.	Лекція, лабораторне заняття	[1 — 11]	Л - 2 год ЛР - 4 год СР - 12 год	Максимальна оцінка - 5 балів	Згідно розкладу
Тема 7. Нанокompatитні фотокаталізатори на основі графену.	Лекція, практичне заняття	[1 — 11]	Л - 2 год ПЗ - 2 год СР - 6 год	Максимальна оцінка - 5 балів	Згідно розкладу

Тема 8. Фотокаталітичні властивості нанотрубок TiO ₂ . Лабораторна робота 4. Визначення кінетики фотодеградації катіонних барвників під дією UV / нанотрубок TiO ₂ .	Лекція, лабораторне заняття	[1 — 11]	Л — 2 год ЛР — 4 год СР — 12 год	Максимальна оцінка — 5 балів	Згідно розкладу
Тема 9. Нові фотокаталітичні матеріали.	Лекція	[1 — 11]	Л — 2 год СР — 6 год		Згідно розкладу
Тема 10. Золь-гель синтез фотокаталізаторів в змішаних оксидів TiO ₂ , TiO ₂ /SiO ₂ , TiO ₂ /SnO ₂ . Лабораторна робота 5. Визначення кінетики фотодеградації катіонних барвників під дією UV /	Лекція, лабораторне заняття	[1 — 11]	Л — 2 год ЛР — 4 год СР — 12 год	Максимальна оцінка - 5 балів	Згідно розкладу
Тема 11. Імобілізація TiO ₂ на неорганічних, натуральних та полімерних матеріалах.	Лекція, практичне заняття	[1 — 11]	Л — 2 год ПЗ — 2 год СР — 6 год	Максимальна оцінка - 5 балів	Згідно розкладу
Тема 12. Модифікування TiO ₂ для поглинання світла у видимій області опромінення.	Лекція	[1 — 11]	Л — 2 год СР — 6 год		Згідно розкладу
Тема 13. Фотокаталіз для контролю забруднення повітря.	Лекція, практичне заняття	[1 — 11]	Л — 2 год ПЗ — 2 год СР — 6 год	Максимальна оцінка - 5 балів	Згідно розкладу
Тема 14. Сонячна енергія для очищення води та стічних вод.	Лекція	[1 — 11]	Л — 2 год СР — 6 год		Згідно розкладу
Тема 15. Сонячні колектори та реактори для екологічного застосування.	Лекція, практичне заняття	[1 — 11]	Л — 2 год ПЗ — 2 год СР — 6 год	Максимальна оцінка - 5 балів	Згідно розкладу
6. Система оцінювання курсу					
Загальна система оцінювання курсу	Залік: максимальна оцінка - 100 балів. Допуск до заліку - 50 балів (за практичні і лабораторні заняття). Залік - 50 балів.				
Практичні заняття	Кожна тема оцінюється максимально у 5 балів. Протягом семестру аспірант повинен здати 5 тем, винесених на практичні завдання, оцінка за які в сумі складає максимум 25 балів.				

Лабораторні заняття	Після виконання лабораторної роботи аспірант повинен оформити звіт до кожної роботи, а також захистити їх у викладача. Максимум - 5 балів за кожну роботу. За виконання лабораторного практикуму аспірант може отримати 25 балів до допуску.
Умови допуску до підсумкового контролю	За роботу на практичних і лабораторних заняттях аспірант повинен набрати в сумі не менше 25 балів, щоб отримати допуск до складання заліку. Виконання 100 % завдань на лабораторних роботах, а також аспірант повинен здати оформлені звіти до всіх робіт. Відвідування більше 50% лекційних занять.

7. Політика курсу

- Неприпустимі списування, аспірант повинен вільно володіти матеріалом.
- Лекційні заняття не відпрацьовуються, але знання лекційного матеріалу обов'язкове.
- Якщо аспірант пропустив більше 50% лекційних занять, він повинен пройти тестування і тільки тоді буде допущений до складання заліку.
- Пропуски практичних занять відпрацьовуються наступним чином: опрацювання теми, а також здача теми в такий час, щоб не заважати проведенню інших практичних занять.
- Якщо аспірант не відпрацював пропущені практичні заняття, він не допускається до заліку.
- Обов'язковим є для отримання заліку відвідування більш 50% занять, робота на практичних заняттях, а також виконання самостійної роботи.

8. Рекомендована література

1. M.K. Nowotny, J. Nowotny, Solid State Chemistry and Photocatalysis of Titanium Dioxide, Trans Tech Publications Ltd, Switzerland, 2010, 340 p.
2. Burkhard Konig (2013), Chemical Photocatalysis, DOI: <https://doi.org/10.1515/9783110269246>
3. Luis Enrique Norena, Jin-An Wang (2016), Advanced Catalytic Materials Photocatalysis and Other Current Trends, 496 p.
4. Pierre Pichat, Photocatalysis and Water Purification: From Fundamentals to Recent Applications, 2013, DOI: <https://doi.org/10.1002/9783527645404>
5. Masao Kaneko, Ichiro Okura, Photocatalysis: Science and Technology (Biological and Medical Physics, Biomedical Engineering) Softcover reprint of hardcover 1st ed. 2003 Edition, 360 p.
6. Horst Kisch, Semiconductor Photocatalysis, Principles and Applications, 2015, DOI: <https://doi.org/10.1002/anie.201501876>
7. Rakshit Ameta, Suresh C. Ameta, Photocatalysis Principles and Applications, 1st edition (December 1, 2016), 339 p.
8. Sampa Chakrabarti, Solar Photocatalysis for environmental remediation, 2017, 174 p.
9. Corey R. J. Stephenson, Tehshik P. Yoon, David W. C. MacMillan, Visible Light Photocatalysis in Organic Chemistry, 431 p.
10. Dionysios D. Dionysiou, Gianluca Li Puma, Jinhua Ye, Jenny Schneider, Detlef Bahnemann, Photocatalysis Applications, RSC Energy and Environment Series No. 15, 2016, <https://doi.org/10.1039/9781782627104>