

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра неорганічної хімії**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. заступника декана
з навчальної роботи


Хімічний факультет
Наталя УСЕНКО

« 11 » вересня 2025 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
НЕОРГАНІЧНІ ОСНОВИ ЗЕЛЕНОЇ ХІМІЇ**

для здобувачів освіти

галузь знань
спеціальність
освітній рівень
освітня програма
вид дисципліни

**10 Природничі науки
102 Хімія
магістр
Хімія
вибіркова**

Форма навчання	заочна
Навчальний рік	2025/2026
Семестр	<u>2</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит


Викладач: к.х.н., доц, доцент, Петренко О.В.

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.
на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.

КИЇВ – 2025

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри неорганічної хімії


Ростислав ЛАМПЕКА

Протокол № 9 від « 1 » 04 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол № 9 від « 7 » 05 2025 року

Голова науково-методичної комісії  Олександр РОЇК

« 7 » травня 2025 року

1. Мета дисципліни – надати студентам базові знання про основні напрямки розвитку та принципи зеленої хімії, можливості використання відновлюваної сировини та альтернативних джерел енергії, про основні закономірності розвитку й сучасні досягнення у зелених хімічних технологіях, про перспективи підходів зеленої хімії для різних галузей промисловості та способи екологізації виробництв; сформуванню у студентів новий підхід до розробки технологій хімічних процесів, використовуючи нові схеми реакцій, покликани кардинально зменшити навантаження хімічних виробництв на навколишнє середовище, звести до мінімуму утворення небезпечних речовин та шкідливих побічних продуктів, забезпечуючи максимальний вихід продукції.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати загальну, неорганічну, органічну, фізичну хімію, основи екотехнології, екологію, небезпечні хімічні речовини, методи дослідження хімічних сполук, глобальні екологічні проблеми та екологічні проблеми України.

2. Знання англійської мови на рівні B2

3. Володіти навичками пошуку необхідної інформації у науковій літературі, наукометричних базах та інтернет-просторі.

3. Анотація навчальної дисципліни: навчальна дисципліна сприяє формуванню цілісної системи знань стосовно вивчення принципів та основних напрямків розвитку зеленої хімії, новітніх методів синтезу хімічних продуктів з використанням ультразвуку, мікрохвильового опромінення, каталізаторів, використання в технологічних процесах альтернативних розчинників – іонних рідин, зелених розчинників, надкритичних рідин; розкриває сучасні способи екологізації виробництва, технологічні схеми, що відповідають принципам зеленої хімії та застосовуються у різних галузях промисловості, можливості використання відновлюваної сировини та альтернативних джерел енергії; надає студентам необхідні знання щодо застосування на практиці принципів побудови екологічно чистих виробництв у різних галузях промисловості.

4. Завдання (навчальні цілі):

- Ознайомити студентів з концепцією зеленої хімії, основними термінами й завданнями, напрямками розвитку та принципами зеленої хімії.

- Сформуванню у студента знання про сучасні методи синтезу речовин в неорганічній, органічній, фармацевтичній хімії та матеріалознавстві, які відбуваються з використанням неklasичних методів активації хімічних процесів, включаючи мікрохвильову, ультразвукову, фотохімічну та механохімічну активацію, мікрореактори, проточні реактори; каталізаторів, альтернативних розчинників – іонних рідин, зелених розчинників, надкритичних рідин; відновлюваної сировини; з використанням речовин екологічно безпечних, ефективних на молекулярному рівні.

- Сформуванню у студента чітке уявлення про методологічні підходи, що використовуються сучасною наукою для дослідження та використання у хімічних технологіях властивостей та складу речовин, виходячи з їх природи.

- Навчити студентів самостійно аналізувати діючі технологічні процеси виробництва хімічної продукції та планувати й розробляти методи синтезу промислових продуктів за принципом безвідходних, малоенергоємних високопродуктивних технологій, розв'язувати конкретні синтетичні задачі.

Згідно з вимогами Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти (сьомий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 102 «Хімія») дисципліна забезпечує набуття студентами таких компетентностей:

інтегральної:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі хімії або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Загальних:

ЗК 1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 4. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК 12. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК 14. Здатність спілкуватися англійською та (за можливості) іншою іноземною мовою, як усно, так і письмово.

Фахових:

ФК 5. Здатність здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх із уже наявними.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результати навчання (1 – знати; 2 – вміти; 3 – комунікація, 4 – автономність та відповідальність)	Форми викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
1.1 Знати та розуміти концепцію зеленої хімії, основні терміни й завдання, напрямки розвитку та принципи зеленої хімії; способи екологізації виробництв; технологічні схеми, що відповідають принципам зеленої хімії та застосовуються у різних галузях промисловості; технології для реалізації цих схем.	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Дистанційні модульні контрольні роботи, Підсумкова модульна контрольна робота.	10
1.2. Знати основні методи синтезу промислових продуктів за принципом безвідходних, мало-енергоємних високопродуктивних технологій, що дозволяють звести до мінімуму утворення небезпечних речовин та шкідливих побічних продуктів, забезпечуючи максимальний вихід продукції.	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота (питання з відкритими відповідями); перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання літературного пошуку.	15
1.3 Знати основні сучасні синтетичні методи, нові підходи до хімічних процесів, основи неklasичних методів активації хімічних процесів, включаючи мікрохвильову,	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Дистанційні модульні контрольні роботи, Підсумкова модульна контрольна робота; перевірка завдань	15

ультразвукову, фотохімічну та механо-хімічну активацію, тощо; методи синтезу промислових продуктів за принципом безвідходних, малоенергоємних високо-продуктивних технологій.		самостійної роботи; оцінювання реферату.	
1.4. Знати теоретичні основи використання в технологічних процесах альтернативних розчинників – іонних рідин, зелених розчинників, надкритичних рідин; можливості використання відновлюваної сировини та альтернативних джерел енергії	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Дистанційні модульні контрольні роботи, Підсумкова модульна контрольна робота; перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання реферату; оцінювання літературного пошуку.	15
2.1. Вміти здійснювати планування та розробку сучасних методів синтезу з використанням підходів зеленої хімії, розв'язувати конкретні синтетичні задачі.	Лекції, самостійне опрацювання рекомендованої літератури	Захист літературного пошуку; перевірка завдань самостійної роботи.	15
2.2. Вміти вибирати необхідні реакційні умови та параметри для сучасних хімічних процесів, використовуючи іонні рідини, зелені розчинники, надкритичні рідини та флюїдні технології; правильно обирати, виходячи з природи речовини, методи дослідження її властивостей та складу.	Лекції, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Захист літературного пошуку; перевірка завдань самостійної роботи.	15
3.1. Здатність обговорювати з викладачем та колегами отримані дані.	Самостійна робота	Захист літературного пошуку. Усна доповідь з комп'ютерною презентацією.	10
4.1. Вміти самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, здійснювати пошук та узагальнювати науково-технічну інформацію.	Самостійна робота	Захист літературного пошуку. Усна доповідь з комп'ютерною презентацією.	5

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни Програмні результати навчання	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	3.1	4.1
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

ПРН1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН3. Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії.					+	+	+	
ПРН5. Розуміти зв'язок між будовою та властивостями речовин.			+	+	+	+		
ПРН9. Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи відповідні методи та інструменти роботи з даними.	+			+	+	+		+

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання студентів:

Семестрове оцінювання:

Максимальна/мінімальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом: **60 балів /36 балів**, а саме:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 (дистанційно) – РН 1.1, 1.2 – 20 балів/12 балів
2. Літературний пошук (дистанційно) – РН 2.1, 3.1; 4.1 – 10 балів/6 балів
3. Модульна контрольна робота 2(дистанційно) – РН 1.3, 1.4 – 20 балів/12 балів
4. Реферат / комп'ютерна презентація: РН 1.2, РН 2.1; 2.2 – 10 балів/6 балів

- підсумкове оцінювання: у формі іспиту

Підсумкова оцінка з освітнього компоненту в цілому: підсумковою формою контролю за яким встановлено іспит визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання (дистанційно та під час проведення аудиторних занять; оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються) та оцінки, отриманої під час іспиту.

Форма проведення іспиту - письмово-усна, вид письмових завдань – комбіновані тестові та відкриті питання. Результатами навчання, які оцінюються під час проведення іспиту, є РН 1.1 - 1.4, 2.1. Максимальна кількість балів, яка може бути отримати здобувачем освіти під час іспиту, становить 40 балів за 100 бальною шкалою. Здобувач освіти не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів.

Перескладання семестрового контролю з метою покращення позитивної оцінки не допускається.

- умови допуску до підсумкового іспиту:

Обов'язковою умовою допуску до іспиту є написання двох модульних контрольних робіт, підготовка презентації та написання літературного пошуку. Здобувач освіти не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів.

7.2. Організація оцінювання:

Терміни проведення оцінювання:

Модульні контрольні роботи 1 і 2 проводяться дистанційно, оцінювання презентацій здійснюється протягом проведення аудиторного навчання. Літературний пошук передбачає, що студенти мають провести аналіз літератури для розробки технологій хімічних процесів, використовуючи нові схеми реакцій, покликані кардинально зменшити навантаження хімічних виробництв на навколишнє середовище, звести до мінімуму утворення небезпечних речовин та шкідливих побічних продуктів, забезпечуючи максимальний вихід продукції та захистити узагальнений матеріал.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень / Marks
Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план.

№	Назва теми	Кількість годин	
		Лекції	Самостійна робота
Принципи та основні напрямки розвитку зеленої хімії.			
1.	Лекція «Зелена хімія - нова хімічна філософія». Зелена хімія як науковий напрям і суспільний рух. Основні концепції та мета «зеленої хімії». Дванадцять принципів зеленої хімії. Нові підходи та вимоги до хімічних процесів з точки зору зеленої хімії. Сучасні уявлення про перспективи зеленої хімії для різних галузей промисловості та способи екологізації виробництв.	1	8
2.	Самостійна робота «Основні напрямки розвитку зеленої хімії». Ресурсо- та енергозбереження, шляхи зменшення енергозатрат та підвищення ресурсоефективності. Екологічно чисті технології, безвідходні технології. Оцінка хімічних реакцій і процесів з точки зору зеленої хімії (кількісні критерії, E-фактор, атомна та стадійна ефективність, тощо).		8
3.	Самостійна робота Основні закономірності розвитку та сучасні досягнення у зелених хімічних технологіях. Переваги та недоліки традиційних та іноваційних технологій.		8

4-5.	Лекція «Безпечні розчинники, зелені розчинники». Вода як розчинник. Над- та субкритичні розчинники, особливості здійснення хімічних процесів у критичних середовищах. Надкритичні флюїди. Надкритичний стан води. Надкритичний вуглекислий газ. Іонні рідини. Реакції без розчинників. Реакції з використанням полімерних та інших твердих носіїв.	2	8
6.	Самостійна робота «Альтернативні «зелені» розчинники». Огляд основних напрямків зеленої хімії: заміна традиційних вуглеводневих джерел енергії на екологічно чисті; використання поновлювальних ресурсів; використання «м'яких» фізико-хімічних технологій та нових реагентів, тощо.		8
Методи синтезу зеленої хімії.			
7.	Лекція «Каталізатори і зелена хімія». Гетерогенні та гомогенні каталітичні реакції. Селективність та специфічність хімічних реакцій. Приклади найбільш поширених каталізаторів. Органокаталізатори та металокомплексний каталіз. Ферментативний каталіз та його використання. Спіновий каталіз. Біокаталіз. Розробка нових каталізаторів і процесів селективного відновлення в зеленій хімії.	2	7
8.	Самостійна робота «Мікрохвильова активація фізико-хімічних процесів». Основи взаємодії МХ випромінювання з речовиною. Моно- та багатомодові МХ реактори, проточні реактори. Переваги та недоліки використання МХ активації. Приклади органічних та неорганічних реакцій під дією МХ випромінювання. Приклади використання МХ технологій у промисловості		7
9.	Самостійна робота «Механохімічна активація хімічних процесів». Основи використання механохімічної активації. Приклади механохімічних реакцій в органічній та неорганічній хімії. Мікрореактори та їх використання у лабораторії та у промисловості. Інші типи активації хімічних процесів: фотохімія, вакуумні методи, реакції під високим тиском.		7
10.	Лекція «Хімічні реакції під дією ультразвуку». Теорія взаємодії ультразвуку з речовиною. Явище кавітації. Кавітаційні та не кавітаційні режими роботи УЗ реакторів. Соноліз. Сонохімічний зсув. Приклади використання УЗ для проведення хімічних реакцій.	1	7
"Зелені" хімічні технології.			
11.	Лекція «Альтернативні джерела енергії». Відновлювальні види енергії. Сонячна енергія. Гідроелектрика. Геотермальна енергія. Воднева енергетика. Ядерна енергія. Біоенергетика.	1	7
12.	Самостійна робота «Приклади "зелених" виробництв».		7

	Фармацевтична індустрія та зелена хімія. Полімерна промисловість, сільське господарство. Використання целюлози, геміцелюлози, крохмалю, вуглекислого газу в якості "зеленого" реагенту.		
13.	Самостійна робота «Хімічні сенсори». Класифікація хімічних сенсорів. Біосенсори. Мас-чутливі сенсори.		7
14.	Лекція «Нові сорбційні матеріали». Загальна характеристика сорбентів - літійселективних, орґано-неорґанічних, оксидних, неорґанічних фосфат-вмісних, композитів на основі природних матеріалів, неорґанічних композитів, тощо. Молекулярно-та іон-імп-рінтовані полімери.	1	7
15.	Підготовка та захист літературного пошуку. Підсумкова контрольна робота		16

Загальний обсяг 120 год, в тому числі:

Лекції – 8 год.

Консультації – 0 год.

Самостійна робота – 112 год.

9. Рекомендовані джерела

Основні:

1. О.В.Петренко, Е.С.Яновська, К.В.Теребіленко, Н.В.Стусь Зелена хімія: навчальний посібник – ВПЦ Київський університет – 2020. – 239 с.
2. Тихомірова Ф. А. Зелена хімія: нова хімічна філософія / Ф. А.Тихомірова // Вісник ОНУ. Хімія. 2015. Том 20, вип. 2(54) - с.93-100.
3. Thomas F. DeRosa. Engineering Green Chemical Processes. Renewable and sustainable design. - McGraw-Hill Education, 2015. – 561 p.
4. Satish A. Dake Green Chemistry and Sustainable Technology: Biological, /Pharmaceutical, and Macromolecular Systems/A. Dake Satish, S. Shinde Ravindra, C. Ameta Suresh, A. K. Haghi - CRC Press, 2020. - 342 p.
5. Buxing Han. Green Chemistry and Chemical Engineering (Encyclopedia of Sustainability Science and Technology Series) / Han Buxing, T.n Wu, 2019.- 719 p.
6. Understanding RECP [Electron. resource] / UNEP. – Access link: <http://www.unep.org/resourceefficiency/Business/CleanerSaferProduction/ResourceEfficientCleanerProduction/UnderstandingRECP/tabid/78758/Default.aspx>.
7. What is Cleaner Production? [Electron. resource] / The Global Environment Centre Foundation. – Access link: http://www.gec.jp/CP_DATA/english/WhatCP.html.
8. А.І. Горова, С.М. Лисицька, А.В. Павличенко, Т.В. Скворцова. Біотехнології в екології : навчальний посібник – Д. : Національний гірничий університет, 2012. – 184 с.
9. Ворфоломеєв А.В. Вибір показників для оцінки ресурсоефективності підприємств. Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку. Збірник наукових праць V Міжнародної науково-технічної та навчально методичної конференції у місті Києві 17-19 квітня 2018 р. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – С. 122-123.

10. Anastas P.T., Warner J.C. Green Chemistry: Theory and Practice. — New York: Oxford University Press, 1998.
11. Ресурсоефективне та чисте виробництво (підручник)
http://www.recpc.kpi.ua/images/eap_green/printed_materials/RECP-Study-Book-2017.pdf.
12. Чернанський, Р. (2015). "Хімія: зелене поповнення". Природа. 519 (7543): 379–380. doi:10.1038 / nj7543-379a. PMID 25793239.
13. Торок, Бела (2017). Зелена хімія: інклюзивний підхід. Амстердам: Elsevier. стор. Розділ 3.15.

Додаткові:

1. Кларк, Кобі Дж. ; Ту, Вей-Чень; Важелі, Олівер; Броль, Андреас; Халлетт, Джейсон П. (2018). "Зелені та стійкі розчинники в хімічних процесах". Хімічні огляди. 118 (2): 747–800. doi:10.1021 / acs.chemrev. 7b00571. hdl:10044/1/59694. PMID 29300087.
2. Джессоп, Філіп (2017). "Зелені / альтернативні розчинники". В Abraham, M. A. (ред.). Енциклопедія стійких технологій. Elsevier. С. 611–619. ISBN 9780128046777.
3. Волков С.В., Ковальчук Є.П., Огенко В.М., Решетняк О.В. Нанохімія. Наносистеми. Наноматеріали. – К. : Наукова думка – 2008. – 423 с.
4. V.P. Mason, K.E. Price, J.L. Steinbacher, A.R. Bogdan, D.T. McQuade Greener Approaches to Organic Synthesis Using Microreactor Technology // Chem. Rev. 2007, 107, 2300-2318.
5. Microwave Heating as a Tool for Sustainable Chemistry, Ed. N. Leadbeater, CRC Press, London, 2011. 278 p.
6. Multicomponent reactions, Eds. J. Zhu, H. Bienayme, Wiley-VCH, Weinheim, 2005, 468 p. 5.
7. M. Lancaster, GREEN CHEMISTRY: An Introductory Text, RSC, Cambridge, 2002, 310 p.
8. C.O. Kappe, A. Stadler Microwaves in Organic and Medicinal Chemistry, Wiley-VCH, Weinheim, 2005, 410 p.
9. M. Doble, A.K. Kruthiventi, Green Chemistry and Engineering, Elsevier Science & Technology Books, 2007, 326 p.
10. F.M. Kerton, Alternative Solvents for Green Chemistry, RSC, Cambridge, 2009, 226 p.