

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Заступник декана
навчальної роботи

Наталія УСЕНКО

» 07 2022 року

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

для здобувачів освіти

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	102- Хімія
освітній рівень	магістр
освітня програма	Хімія
Вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	2
Кількість кредитів	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладачі: д.х.н., проф., професор, Неділько С. к.х.н., доц., доцент, Петренко О.В.

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

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

КИЇВ – 2022

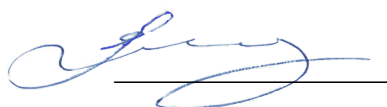
Розробники:

Неділько Сергій Андрійович, д.х.н., професор, професор кафедри неорганічної хімії.

Петренко Ольга Василівна, к.х.н., доцент, доцент кафедри неорганічної хімії.

ЗАТВЕРДЖЕНО

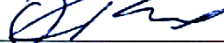
В.о. завідувача кафедри неорганічної хімії

 Ростислав ЛАМПЕКА

Протокол № 11 від «_11_» травня 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол № 7 від «29» червня 2022 року

Голова науково-методичної комісії  Олександр ПОЇК

«_01_» липня 2022 року

1. Мета навчальної дисципліни – одержання комплексу професійних знань щодо інноваційних хімічних методів і технологій в інтересах стійкого розвитку. Сформувати у студентів новий підхід до 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.

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. Володіти навичками пошуку наукової інформації та перекладу з англійської мови.

3. Анотація навчальної дисципліни: навчальна дисципліна сприяє формуванню цілісної системи знань стосовно вивчення принципів та основних напрямків розвитку зеленої хімії, новітніх методів синтезу продуктів з використанням ультразвуку, мікрохвильового опромінення, каталізаторів, використання в технологічних процесах альтернативних розчинників – іонних рідин, зелених розчинників, надкритичних рідин; розглядаються надкритичні флюїдні технології одержання продуктів в промислових технологіях. Аналізуються літературні відомості з основних реагентів і методів у зеленій хімії.

4. Завдання (навчальні цілі):

- Ознайомлення студентів з концепцією зеленої хімії, основними завданнями, напрямками розвитку та принципами зеленої хімії, основна деталізація курсу спрямована на сучасні методи синтезу речовин в неорганічній, органічній та фармацевтичній хімії, які відбуваються з використанням відновлюваної сировини, основний акцент зроблено на використання речовин екологічно безпечних, ефективних на молекулярному рівні.

- Навчити студентів самостійно планувати та розробляти методи синтезу промислових продуктів, розв'язувати конкретні синтетичні задачі. Показати єдність методологічних підходів, що використовуються сучасною наукою для дослідження та використання у хімічних технологіях властивостей та складу речовин, виходячи з їх природи.

Навчальна дисципліна спрямована на досягнення наступних загальних й фахових компетентностей: ЗК2, ЗК4, ЗК6, ЗК8, ЗК14, ФК3, ФК4, ФК6, ФК7, ФК9.

5. Результати навчання за дисципліною

Результат навчання		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання (1.- знати; 2- вміти; 3 – комунікація)			
1.1	Знання теоретичних основ основних завдань, напрямів розвитку та принципів зеленої хімії.	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Модульна контрольна робота(питання з відкритими відповідями).	26
1.2	Знання теоретичних основ сучасних методів синтезу речовин в неорганічній, органічній та фармацевтичній хімії, які відбуваються з використанням відновлюваної сировини, екологічно безпечні, ефективні на молекулярному рівні.	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Модульна контрольна робота(питання з відкритими відповідями); усна доповідь з комп'ютерною презентацією.	28
2.1	Вміти здійснювати планування та розробку сучасних методів синтезу з використанням підходів зеленої хімії, розв'язувати конкретні синтетичні задачі.	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Модульна контрольна робота(питання з відкритими відповідями); усна доповідь з комп'ютерною презентацією.	25
2.2	Вміти проводити підбір середовища 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.	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Усна доповідь з комп'ютерною презентацією.	16
3.1	Використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології для спілкування, обміну та інтерпретації даних.	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Усна доповідь з комп'ютерною презентацією.	5

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни(код)	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1
Програмні результати навчання					
P.1. Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.	+	+			+
P.2. Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої в ході магістерської програми, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.	+	+	+		
P.6. Знати методологію та організацію наукових досліджень.			+	+	+
P.10. Планувати, організувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.			+	+	+
P.14. Аналізувати наукові проблеми та пропонувати їх вирішення на абстрактному рівні шляхом декомпозиції їх на складові, які можна дослідити окремо.		+	+	+	+

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання здобувачів освіти:

Семестрове оцінювання :

1. Модульн контрольна робота 1 : РН 1.1 – 20/ 12 балів
2. Модульна контрольна робота 2 : РН 1.2 – 25/ 17 балів
3. Модульна контрольна робота 3 : РН 2.1 – 25/ 17 балів
4. Усна доповідь з комп'ютерною презентацією 1: РН 1.2, РН 2.1 – 15 / 7 балів
5. Усна доповідь з комп'ютерною презентацією 2 : РН 1.2, РН 2.2 – 15 / 7 балів

Підсумкове оцінювання: у формі заліку

Підсумкова оцінка з освітнього компонента, підсумковою формою контролю за яким встановлено залік, визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання. Оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються. Обов'язковим для отримання позитивної підсумкової оцінки (60 балів і вище та «зараховано») є написання всіх контрольних робіт. Перескладання семестрового контролю з метою покращення позитивної оцінки не допускається.

7.2. Організація оцінювання:

Модульна контрольна робота 1 проводиться після завершення лекцій теми 1- 3: не раніше **6 тижня** семестру.

Модульна контрольна робота 2 проводиться після завершення лекцій теми 4 – 6 : не раніше **10 тижня** семестру.

Модульна контрольна робота 3 проводиться після завершення лекцій теми 7 -10 : не раніше **15 тижня** семестру.

Персональні завдання для підготовки усної відповіді з презентацією студенти отримують не пізніше, як за **8 тижнів** до закінчення семестру.

Усна доповідь з комп'ютерною презентацією виконуються студентами протягом періоду, що виділений на відповідний модуль.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень / Marks
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план.

№	Назва	Кількість годин	
		Лекції	Самостійна робота
Змістовий модуль 1.			
Принципи та основні напрямки розвитку зеленої хімії.			
1.	Тема 1. Зелена хімія: нова хімічна філософія. Зелена хімія як науковий напрям і суспільний рух; мета зеленої хімії; 12 принципів зеленої хімії, нові терміни та нові конструкти; метрика зеленої хімії; E-фактор і атомна ефективність хімічних реакцій.	4	4
2.	Тема 2. Основні напрямки розвитку зеленої хімії. Огляд сучасних технологій, які є результатом більш ефективних хімічних реакцій. Безвідходні технології, екологічно чисті технології. Рівні досліджень зеленої хімії. 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.	4	8
3.	Тема 3. Нові підходи та вимоги до хімічних процесів з точки зору зеленої хімії. Нові шляхи синтезу – використання каталітичних реакцій; поновлювальних вихідних реагентів. Заміна традиційних органічних розчинників на більш екологічно безпечні. Оптимізація умов реакції при використанні більш екологічних, альтернативних процесів.	4	7
4.	Модульна контрольна робота 1.		
5.	Тема 4. Альтернативні розчинники. Використання більш безпечних розчинників, зелені розчинники, вода як розчинник, над-та субкритичні розчинники, особливості здійснення хімічних процесів у критичних середовищах. Надкритичні флюїди. Надкритичний стан води. Надкритичний вуглекислий газ.	2	6
6.	Тема 5. Реакції за відсутності розчинників. Особливості реакцій за відсутності розчинників. Іонні рідини.	2	6
Змістовий модуль 2.			
Методи синтезу зеленої хімії.			
7.	Тема 6. Хімічні реакції під дією ультразвуку. Теорія взаємодії УЗ з речовиною. Кавітаційні та не кавітаційні режими роботи УЗ реакторів. Сонохімічний зсув. Приклади використання УЗ для проведення хімічних реакцій.	2	4
8.	Модульна контрольна робота 2.		

9.	Тема 7. Мікрохвильова активація фізико-хімічних процесів. Основи взаємодії мікрохвильового випромінювання з речовиною. Моно-та багатоходові мікрохвильові(МВ) реактори. Переваги та недоліки використання МВ активації. Приклади неорганічних та органічних реакцій під дією МВ випромінювання. МВ реакції та наноматеріали. Приклади використання МВ технологій у промисловості.	2	8
10.	Тема 8. Нові сорбційні матеріали. Молекулярно-та іон-імпринтовані полімери. Хімічні сенсори. Класифікація хімічних сенсорів. Біосенсори. Мас-чутливі сенсори.	2	4
11.	Тема 9. Каталізатори і зелена хімія. Розробка нових каталізаторів і процесів селективного відновлення в зеленій хімії. Біокаталіз. Приклади “зелених” виробництв.	4	6
12.	Тема 10. Альтернативні джерела енергії. Сонячна енергія. Гідроелектрика. Геотермальна енергія. Водень. Ядерна енергія. Біодизель. Біопаливо. Відновлювальні види енергії.	4	7
13.	Модульна контрольна робота 3.		

Загальний обсяг **90 год.**, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Самостійної роботи - **60 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. Understanding RECP [Electron. resource] / UNEP. – Access link: <http://www.unep.org/resourceefficiency/Business/CleanerSaferProduction/ResourceEfficientCleanerProduction/UnderstandingRECP/tabid/78758/Default.aspx>.
3. What is Cleaner Production? [Electron. resource] / The Global Environment Centre Foundation. – Access link: http://www.gec.jp/CP_DATA/english/WhatCP.html.
4. А.І. Горова, С.М. Лисицька, А.В. Павличенко, Т.В. Скворцова. Біотехнології в екології : навчальний посібник – Д. : Національний гірничий університет, 2012. – 184 с.
5. 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.
6. Anastas P.T., Warner J.C. Green Chemistry: Theory and Practice. — New York: Oxford University Press, 1998.
7. Ресурсоефективне та чисте виробництво (підручник) http://www.recpc.kpi.ua/images/eap_green/printed_materials/RECP-Study-Book-2017.pdf.
8. Чернанський, Р. (2015). "Хімія: зелене поповнення". *Природа*. 519 (7543): 379–380. doi:10.1038 / nj7543-379a. PMID 25793239.
9. "12 принципів зеленої хімії - Американське хімічне товариство". — New York: Oxford University Press, 1998.
10. 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., Огенько В.М., Решетняк О.В. Нанохімія. Наносистеми. Наноматеріали. – К. : Наукова думка – 2008. – 423 с.
4. Наукові журнали, що спеціалізуються на зеленій хімії
 - Зелена хімія (RSC)
 - Зелена хімія Листи та огляди (Відкритий доступ) (Тейлор і Френсіс)
 - ChemSusChem (Вілі)
 - ACS Sustainable Chemistry & Engineering (CAU)