

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА  
ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра органічної хімії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана  
з навчальної роботи



Наталія УСЕНКО

2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**СИНТЕЗ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНИХ СПОЛУК**

для здобувачів освіти

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

Форма навчання	заочна
Навчальний рік	2024/2025
Семестр	<u>2</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач: д.х.н., проф., професор, Воловенко Ю.М.

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

КИЇВ - 2024

Розробники:

Воловенко Юліан Михайлович, д.х.н., професор, кафедра органічної хімії \_\_\_\_\_

Шабликіна Ольга Валентинівна, к.х.н., доцент, кафедра органічної хімії \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри органічної хімії

О.Григоренко Олександр ГРИГОРЕНКО

Протокол № 15 від «13» березня 2024 р.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол від «9» квітня 2024 року № \_\_\_\_\_

Голова науково-методичної комісії О.Рой Олександр РОЇК

«9» квітня 2024 року

**1. Мета дисципліни** – розвинути, доповнити та закріпити знання про методи синтезу, хімічні властивості гетероциклічних сполук та способах їх хімічної та спектральної ідентифікації; розкрити взаємозв'язок структура – властивості для різних класів гетероциклічних сполук.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

1. Знати органічну хімію на рівні бакалавра за спеціальністю «Хімія».
2. Володіти навичками написання органічних реакцій.
3. Мати уявлення про основи органічної хімії гетероциклічних сполук на рівні бакалавра за спеціальністю «Хімія».
4. Володіти навичками спектральної ідентифікації органічних речовин на рівні бакалавра за спеціальністю «Хімія».

**3. Анотація навчальної дисципліни.** В рамках курсу «Синтез та ідентифікація гетероциклічних сполук» вивчаються сучасні методи синтезу гетероциклічних сполук (похідних три- та чотиричленних насичених та ненасичених гетероциклічних сполук з одним та двома гетероатомами, а також насичених та частково ненасичених п'яти- та шестичленних гетероциклічних сполук). Розглядаються будова, хімічні властивості гетероциклічних сполук та для деяких сполук, виявлена біологічна активність. Розглядаються поняття про зв'язок між будовою гетероциклічних сполук та біологічною активністю. В рамках курсу використовують фізичні методи дослідження (ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ , ІЧ-, УФ- та мас- спектроскопії) для підтвердження будови гетероциклічних сполук.

**4. Завдання (навчальні цілі):**

- Розвиток теоретичних уявлень студентів про закономірності перетворень гетероциклічних сполук; ознайомлення студентів із сучасними методами синтезу гетероциклічних сполук, ідентифікація сполук, з використанням реакцій для класифікації та сучасних фізико-хімічних методів дослідження (ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ , ІЧ-, УФ- та мас- спектроскопії).

- 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 3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК 10. Здатність спілкуватися англійською та (за можливості) іншою іноземною мовою, як усно, так і письмово.

*Фахових:*

ФК 1. Здатність використовувати закони, теорії та концепції хімії у поєднанні із відповідними математичними інструментами для опису природних явищ.

ФК 3. Здатність організовувати, планувати та реалізовувати хімічний експеримент.

## 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 сучасні методи синтезу гетероциклічних сполук, а саме: похідних три- та чотиричленних насичених та ненасичених гетероциклічних сполук з одним та двома гетероатомами, а також насичених та частково ненасичених п'яти- та шести-членних гетероциклічних сполук	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури	Дистанційні контрольні роботи, реферат, іспит	15
1.2. Знати будову, хімічні властивості гетероциклічних сполук та виявлена біологічна активність; зв'язок між будовою гетероциклічних сполук та біологічною активністю	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури	Дистанційні контрольні роботи, реферат, іспит	15
1.3. Знати фізичні методи дослідження (ЯМР $^1\text{H}$ , $^{13}\text{C}$ , ІЧ-, УФ- та мас-спектроскопію), які використовуються для підтвердження та встановлення будови гетероциклічних сполук	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури	Дистанційні контрольні роботи, реферат, іспит	15
1.4. Знати теоретичні основи органічних реакцій, які використовуються в органічній хімії для синтезу гетероциклів	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури	Дистанційні контрольні роботи, реферат, іспит	15
2.1. Вміти здійснювати пошук літератури, що стосується гетероциклічних сполук, по наукометричним та патентним базам; проводити критичний аналіз отриманих даних, презентувати результати свого дослідження	Лекції, самостійне опрацювання рекомендованої літератури, практичні роботи	Оцінювання виконання практичних робіт; перевірка завдань самостійної роботи	15
2.2. Вміти використовувати набуті знання для написання реакцій та дослідження будови гетероциклічних сполук	Лекції, самостійне опрацювання рекомендованої літератури, практичні роботи	Оцінювання виконання практичних робіт; перевірка завдань самостійної роботи	15
3.1. Здатність обговорювати з викладачем та колегами отримані дані	Практичні роботи	Реферат	5
4.1. Вміти самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, здійснювати пошук та узагальнювати науково-технічну інформацію	Самостійне опрацювання рекомендованої літератури, практичні роботи	Реферат	5

## 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	3.1	4.1
<b>Програмні результати навчання</b>								
P1. Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.	+	+	+	+				+
P4. Синтезувати хімічні сполуки із заданими властивостями, аналізувати їх і оцінювати відповідність заданим вимогам.	+	+		+	+	+		+
P6. Знати методологію та організації наукового дослідження.	+			+	+	+	+	
P10. Планувати, організувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.					+	+		

## 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. Контрольна робота 1 (дистанційно) – РН 1.1–1.4 – **15 балів / 9 балів**
2. Контрольна робота 2 (дистанційно) – РН 1.1–1.4 – **15 балів / 9 балів**
3. Реферат (дистанційно) – РН 1.1–1.4, 3.1; 4.1 – **20 балів / 12 балів**
4. Оцінювання виконання практичних робіт – 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 – відкриті питання та практичні задачі. Результатами навчання, які оцінюються під час проведення іспиту, є РН 1.1–1.4. 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 контрольних робіт, виконання зазначених в програмі практичних робіт та написання реферату. Здобувач освіти не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів.

### 7.2. Організація оцінювання:

Терміни проведення оцінювання:

Контрольні роботи 1 і 2 проводяться дистанційно, оцінювання практичних робіт здійснюється протягом проведення аудиторного навчання. Написання реферату передбачає, що студенти

мають провести аналіз літератури на унікальність перетворень, визначити переваги та недоліки наведених перетворень, показати їх синтетичні можливості та сферу застосування та захистити узагальнений матеріал.

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

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

### 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	практичні	сам. робота
1	<b>Лекція.</b> Вступ. Номенклатура гетероциклічних сполук. Історія розвитку хімії гетероциклічних сполук. Особливості спектроскопії гетероциклічних сполук	1		
2	<b>Практична робота.</b> Загальні принципи побудови гетероциклічних систем.		2	
3	<b>Самостійна робота.</b> Сучасні методи синтезу тричленних гетероциклічних сполук з одним гетероатомом. Практично значимі похідні оксирану, азирину, тірану			10
4	<b>Самостійна робота.</b> Сучасні методи синтезу чотиричленних гетероциклічних сполук з одним гетероатомом. Практично значимі похідні азетидину. $\beta$ -Лактами			10
5	<b>Самостійна робота.</b> Сучасні методи синтезу три- та чотиричленних насичених та ненасичених гетероциклічних сполук з двома гетероатомами. Практично значимі похідні діоксирану та діазирину			10
6	<b>Самостійна робота.</b> Сучасні методи синтезу насичених та частково ненасичених п'ятичленних гетероциклічних сполук. Практично значимі похідні тетрагідрофурану, піроліну та піролідину, оксазоліну			10
7	<b>Самостійна робота.</b> Сучасні методи синтезу насичених та частково ненасичених шестичленних гетероциклічних сполук. Практично значимі похідні тетрагідропірану, піперидину. Насичені конденсовані гетероциклічні системи з вузловим атомом Нітрогену			10
8	<b>Самостійна робота.</b> Сучасні методи синтезу $\gamma$ - та $\delta$ -лактонів та лактамів. Використання в органічному синтезі $\gamma$ - та $\delta$ -лактонів та лактамів			10
9	<b>Лекція.</b> Будова, хімічні властивості гетероциклічних сполук та виявлена біологічна активність. Зв'язок між будовою гетероциклічних сполук та біологічною активністю	1		
10	<b>Самостійна робота.</b> Лікарські засоби – похідні малих гетероциклів. Лікарські засоби – похідні насичених п'яти та шестичленних гетероциклів			10
11	<b>Практична робота.</b> Фізичні методи дослідження (ЯМР $^1\text{H}$ , $^{13}\text{C}$ , ІЧ-, УФ- та мас-спектроскопії) для підтвердження та встановлення будови гетероциклічних сполук		1	

12	<b>Самостійна робота.</b> Вплив напруги у малих гетероциклах на їх спектральні характеристики			<b>10</b>
13	<b>Практична робота.</b> Особливості спектрів ЯМР насичених п'яти та шестичленних гетероциклів		<b>1</b>	
14	<b>Лекція.</b> Хімічні реакції для отримання гетероциклічних похідних з карбонільною групою. Практично значимі гетероциклічні похідні з карбонільною групою	<b>1</b>		
15	<b>Самостійна робота.</b> Хімічні реакції для отримання гетероциклічних похідних зі спиртовою групою. Практично значимі гетероциклічні похідні зі спиртовою групою			<b>10</b>
16	<b>Лекція.</b> Хімічні реакції для отримання гетероциклічних похідних з аміногрупою. Практично значимі гетероциклічні похідні з аміногрупою	<b>1</b>		
17	<b>Самостійна робота.</b> Хімічні реакції для отримання похідних з іншими нітрогеновмісними важливими функціональними групами: нітро-, азо- тощо. Практично значимі нітро- нітросо- азо-заміщені гетероциклічні похідні			<b>10</b>
18	<b>Підготовка та написання реферату</b>			<b>12</b>

**Загальний обсяг 120 год**, в тому числі:

Лекції – 4 год.

Практичні роботи – 4 год.

Самостійна робота – 112 год.

## 9. Рекомендовані джерела

### Основні:

1. Breitmaier E. Structure Elucidation by NMR in Organic Chemistry: A Practical Guide, 3rd ed. – Wiley, 2002. – 270 p.
2. Field L.D., Li H.L., Magill A.M. Organic Structures from 2D NMR Spectra. – Wiley, 2015. – P. 1–310.
3. Joule J.A., Mills K. Heterocyclic chemistry. – Blackwell Science. London, 2000. – 589 p.
4. Acheson R.M. An Introduction to the Chemistry of Heterocyclic Compounds. – Interscience Publishers, 1967. – 408 p.
5. Горічко М.В. Металорганічні похідні гетероциклічних сполук. Навч. посібник для студентів хімічного факультету КНУ. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2008. – 33 с.

### Додаткові:

1. Smith M.B. Organic synthesis. – McGRAW-HILL, inc. New York, Sydney, Tokyo, Toronto. International ed., 1994. – 1595 p.
2. Corey E.J., Chang X-M. The logic of chemical synthesis. – New York: Wiley, 1989. – 436 p.
3. Wu X.-F. Transition Metal-Catalyzed Heterocycle Synthesis Via C-H Activation. – John Wiley & Sons, 2016. – 600 p.
4. Wolfe J.P. Synthesis of Heterocycles via Metal-Catalyzed Reactions that Generate One or More Carbon-Heteroatom Bonds. – Springer, 2013. – 274 p.
5. Majumdar K.C., Chattopadhyay S.K. Heterocycles in Natural Product Synthesis. – John Wiley & Sons, 2011. – 672 p.
6. Brahmachari G. Green Synthetic Approaches for Biologically Relevant Heterocycles. – Elsevier, 2014. – 632 p.
7. Rauf A., Farshori N.N. Microwave-Induced Synthesis of Aromatic Heterocycles. – Springer Science & Business Media, 2011. – 93 p.

8. Eicher T., Hauptmann S., Speicher A. *The Chemistry of Heterocycles: Structures, Reactions, Synthesis, and Applications*. – John Wiley & Sons, 2013. – 646 p.
9. Wu X.-F., Beller M. *Heterocycles from Double-Functionalized Arenes*. – Royal Society of Chemistry, 2015. – 301 p.
10. Cossy J. *Synthesis of Saturated Oxygenated Heterocycles*. – Springer, 2014. – 281 p.
11. Hassner A. *The Chemistry of Heterocyclic Compounds, Small Ring Heterocycles: Aziridines, Azirines, Thiiranes, Thiirenes*. – John Wiley & Sons, 2009. – 696 p.