

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Хімічний факультет**  
Кафедра органічної хімії



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**СТРАТЕГІЇ СУЧАСНОГО СИНТЕЗУ  
ГЕТЕРОЦИКЛІЧНИХ СПОЛУК**

для здобувачів освітньо-наукового рівня доктор філософії

галузі знань **10 Природничі науки**  
спеціальність **102 Хімія**  
освітній рівень **третій "освітньо-науковий"**  
освітня програма **Хімія**  
вид дисципліни **вибіркова**

Форма навчання **денна**  
Навчальний рік **2021/2022**  
Період навчання **2 рік**  
Кількість кредитів ECTS **4**  
Мова викладання,  
навчання та оцінювання **українська**  
Форма заключного контролю **іспит**

Викладач:

**Хиля Володимир Петрович**, чл.-кор. НАН України, д.х.н., професор кафедри органічної хімії

Пролонговано: на **2022/2023** н.р. \_\_\_\_\_ (Н.Усенко) «**13**» **05** 2022 р.  
Пролонговано: на **2023/2024** н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202 р.  
Пролонговано: на **2024/2025** н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202 р.

**Розробник:**

**Хиля Володимир Петрович**, чл.-кор. НАН України, д.х.н., проф., професор кафедри органічної хімії

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри органічної хімії



В. Хиля

Протокол № 16 від "03" березня 2021 року

Схвалено науково - методичною комісією хімічного факультету

Протокол № 7 від "20" квітня 2021 року

Голова науково-методичної комісії



Олександр РОЇК

"20" квітня 2021 року

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – розвиток та закріплення теоретичних та практичних навичок методів синтезу гетероциклічних сполук на сучасному рівні розвитку органічної хімії.

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

*Знати:* органічну хімію та основи хімії гетероциклічних сполук на рівні бакалавра за спеціальністю «Хімія».

*Вміти:* зобразити механізми органічних реакцій, у тому числі процесів гетероциклізації, на рівні магістра за спеціальністю «Хімія».

*Володіти навичками* пошуку інформації, її критичної обробки та представлення, застосовувати отримані знання для вирішення прикладних та теоретичних задач у галузі хімії.

**3. Анотація навчальної дисципліни.** Дисципліна «Стратегії сучасного синтезу гетероциклічних сполук» належить до переліку дисциплін вільного вибору аспіранта. В даній дисципліні докладно розглянуто сучасні методи синтезу та функціоналізації гетероциклічних сполук, у т.ч. методи елементарної органічної хімії, каталітичні методики, методи «one-pot» синтезу, асиметричний синтез та реакції рециклізації.

**4. Завдання:** сформулювати цілісні теоретичні уявлення про сучасний стан хімії гетероциклічних сполук та поглибити практичні навички аспіранта у цій сфері; сформулювати навички розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики; сформулювати здатність до пошуку, оброблення на аналізі інформації з різних джерел із використанням новітніх інформаційних і комунікаційних технологій та вміння проводити самостійні дослідження на сучасному рівні; сформулювати здатність інтерпретувати дані, отримані при лабораторних експериментах та вимірюваннях і прив'язувати їх до відповідної теорії; сприяти розвитку абстрактного мислення, здатності формувати робочі гіпотези та перевіряти їх на практиці із застосуванням інноваційних технологій органічної хімії.

### 5. Результати навчання за дисципліною

| <i>Код</i> | <i>Результат навчання<br/>(1. знати; 2. вміти; 3. комунікація;<br/>4. автономність та відповідальність)</i> | <i>Форми викладання і<br/>навчання</i>                | <i>Мето-<br/>ди<br/>оціню-<br/>вання</i>               | <i>Відсоток у<br/>підсумковій<br/>оцінці з<br/>дисципліни</i> |
|------------|---|---|--|---|
| 1.1        | Знати сучасний стан хімії гетероциклічних сполук  | <i>лекції, аналітична<br/>робота</i>                  | <i>презен-<br/>тація,<br/>актив-<br/>ність,<br/>Пс</i> | 15  |
| 1.2        | Знати способи утворення різноманітних гетероциклічних систем  | <i>лекції, практичні,</i>                             |  | 10  |
| 1.3        | Знати напрямки хімічної модифікації гетероциклів  | <i>лекції, практичні,<br/>аналітична робота</i>       |  | 15  |
| 2.1        | Вміти встановлювати й інтерпретувати фізико-хімічні характеристики гетероциклічних сполук                   | <i>практичні</i>                                      |  | 10  |
| 2.2        | Вміти планувати багатостадійні синтетичні схеми для одержання гетероциклічних похідних                      | <i>лекції<br/>аналітична робота</i>                   |  | 15  |
| 2.3        | Вміти планувати способи хімічної модифікації гетероциклічних похідних                                       | <i>практичні,<br/>доповідь,<br/>аналітична робота</i> | 15   |   |

|     |  |   |  |   |
|-----|--|---|--|---|
| 3.1 | Здатність використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології при спілкуванні, а також для збору, аналізу, обробки, інтерпретації інформації, що стосується синтезу гетероциклів | <i>лекції, практичні, аналітична робота</i> |  | 5 |
| 3.2 | Здатність виконувати передбачені навчальною програмою завдання у співпраці з іншими виконавцями  | <i>практичні, аналітична робота</i>         |  | 5 |
| 4.1 | Вміти самостійно зафіксувати, проаналізувати та інтерпретувати дані, що стосуються синтезу гетероциклів  | <i>практичні, аналітична робота</i>         |  | 5 |
| 4.2 | Дотримуватися правил наукової етики та доброчесності в процесі критичної обробки наявної та створенні нової інформації у галузі хімії гетероциклів   | <i>практичні, аналітична робота</i>         |  | 5 |

**6. В результаті вивчення дисципліни** аспірант отримає нові сучасні передові концептуальні та методологічні знання в галузі хімії гетероциклічних сполук; відпрацює вміння формулювати наукову проблему з огляду на сучасні наукові тенденції та здатність професійно презентувати результати своїх досліджень на міжнародних наукових конференціях.

Все це допоможе йому навчитись ініціювати, організувати та проводити комплексні дослідження в галузі науково-дослідницької та інноваційної діяльності, пов'язаної із хімією гетероциклічних сполук, що приведе до отримання нових знань та покращення вміння кваліфіковано відображати результати наукових досліджень у наукових статтях в фахових виданнях, використовуючи при цьому сучасні інноваційні технології при плануванні експерименту, а також зборі, аналізі, обробці та інтерпретації експериментальних даних досліджень молекулярних ансамблів із гетероциклічним фрагментом.

## 7. Схема формування оцінки

**7.1. Результати** навчальної діяльності аспірантів оцінюються за 100 - бальною шкалою. Модульний контроль включає 3 змістові модулі і комплексний підсумковий модуль (іспит). Впродовж навчання передбачається написання 3 модульних контрольних робіт; 2 практичні заняття та одне консультаційне.

**- семестрове оцінювання:**

презентація референсу останніх розробок, що стосуються сучасних підходів до синтезу гетероциклічних похідних;

модульна контрольна робота.

**- підсумкове оцінювання:** іспит.

Максимальна оцінка за семестр: **60 балів**.

Максимальна оцінка на іспиті: **40 балів**.

Максимальна загальна оцінка за курс: **100 балів**.

**7.2. Організація оцінювання** (за формами контролю згідно з графіком навчального процесу):

|                                      | <b>ЗМ1</b>                |                            | <b>ЗМ2</b>                 |                            | <b>ЗМ3</b>                 |                            | <b>Іспит</b>              |                            |
|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                                      | <i>Min. –<br/>9 балів</i> | <i>Max. –<br/>15 балів</i> | <i>Min. –<br/>15 балів</i> | <i>Max. –<br/>25 балів</i> | <i>Min. –<br/>12 балів</i> | <i>Max. –<br/>20 балів</i> | <i>Min. –<br/>24 бали</i> | <i>Max. –<br/>40 балів</i> |
| Активність під час практичних занять | <b>4</b>                  | <b>6</b>                   | <b>6</b>                   | <b>10</b>                  | <b>5</b>                   | <b>8</b>                   |                           |                            |
| Презентація                          | <b>4</b>                  | <b>6</b>                   | <b>6</b>                   | <b>10</b>                  | <b>5</b>                   | <b>8</b>                   |                           |                            |
| Контрольна робота                    | <b>1</b>                  | <b>3</b>                   | <b>3</b>                   | <b>5</b>                   | <b>2</b>                   | <b>4</b>                   |                           |                            |

**Оцінка за презентацію** включає в себе: теоретичне наповнення матеріалу (50% від загальної оцінки за презентацію), мультимедійне оформлення (25%), презентація матеріалу (25%).

До іспиту може бути допущений аспірант, який виконав усі обов'язкові види робіт, які передбачаються навчальним планом з дисципліни «Стратегії сучасного синтезу гетероциклічних сполук» (а саме: активність під час практичних робіт, презентація, написання контрольних робіт), і при цьому за результатами модульно-рейтингового контролю в семестрі **отримав** за змістові модуля сумарну оцінку в балах не менше 20 балів (критично-розрахунковий мінімум при формі підсумкового контролю – іспит).

Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит **не може бути меншою 24 балів**.

У випадку відсутності аспіранта з поважних причин відпрацювання пропущених занять та перездачі контрольних робіт здійснюються у відповідності до «Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу» від 1 жовтня 2010 року.

## 7.3. Шкала відповідності оцінок

|  |        |
|--|--------|
| <b>Відмінно / Excellent</b>  | 90-100 |
| <b>Добре / Good</b>  | 75-89  |
| <b>Задовільно / Satisfactory</b>   | 60-74  |
| <b>Незадовільно з можливістю повторного складання / Fail</b>             | 35-59  |
| <b>Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail</b> | 0-34   |

## 8. Структура навчальної дисципліни

### ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ ТА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

| № теми   | Назва теми   | Кількість годин |        |       |                |
|--|--|-----------------|--------|-------|----------------|
|  |  | лекції          | практ. | конс. | самост. робота |
| <b>Змістовий модуль 1.</b>   |  |                 |        |       |                |
| Номенклатура гетероциклічних сполук; класифікація гетероциклічних сполук за видом гетероциклу. Роль гетероциклічних сполук у функціонуванні живих організмів; біологічно активні сполуки з гетероциклічним фрагментом.<br>Перспективні напрямки синтезу та хімічної модифікації гетероциклів |  |                 |        |       |                |
| 1  | Гетероциклічні сполуки. Класифікація. Ароматичні шестиланкові гетероцикли з одним гетероатомом. Азини: піридин, хінолін, ізохінолін. Ароматичні шестиланкові гетероцикли з двома гетероатомами. Діазини: піримідин, піридазин, піразин. Самостійна робота з літературою.   | 2               | 1      |       | 10             |
| 2  | Методи синтезу та загальна характеристика будови та реакційної здатності п'ятиланкових гетероциклів: фурану, тіофену, піролу, тіазолу, імідазолу, оксазолу. Самостійна робота з літературою.   | 1               |        |       | 10             |
|  | Модульна контрольна робота 1   | 1               |        |       |                |
| <b>Змістовий модуль 2.</b>   |  |                 |        |       |                |
| Нітрогеновмісні гетероцикли:<br>синтез, модифікація; синтези на основі N-оксидів гетероциклів  |  |                 |        |       |                |
| 3  | Будова та спектральні характеристики азинів та діазинів. Загальна характеристика реакційної здатності піридинів, хінолінів та ізохінолінів. Реакції піридинів, хінолінів та ізохінолінів з електрофільними реагентами: приєднання по атому Нітрогену, реакції заміщення при атомі Карбону, реакції з окисниками, відновниками та нуклеофільними реагентами. Самостійна робота з літературою. | 2               | 1      |       | 10             |
| 4  | Синтез піридинового кільця та приклади синтезу деяких важливих похідних піридинів. Алкілпіридини, гідрокси- та амінопіридини: будова та властивості. Реакції C-металюваних піридинів: літій- та магнійорганічні похідні, реакції, що каталізуються паладієм. Самостійна робота з літературою.  | 2               |        |       | 10             |

|  |  |           |          |          |           |    |
|--|--|-----------|----------|----------|-----------|----|
| 5  | Хіноліни та ізохіноліни: реакції та методи синтезу. Реакції з електрофільними та нуклеофільними реагентами.<br>Реакції С-метальованих хінолінів та ізохінолінів: літій-, цинкорганічні похідні, каталіз паладієм та нікелем. Гідрокси-, аміно-, алкілпохідні хінолінів та ізохінолінів. Четвертинні солі хіноліну та ізохіноліну. Основні методи хінолінів та ізохінолінів і деяких важливих природних похідних цих сполук. Самостійна робота з літературою. | 2         | 1        |          | 10        |    |
| 6  | Методи синтезу та загальна характеристика діазинів: піримідину, піридазину, піразину. Пурини. Самостійна робота з літературою.   | 1         |          |          |           | 10 |
|  | Модульна контрольна робота 2   | 1         |          | 1        |           |    |
| <b>Змістовий модуль 3.</b><br>Оксигеновмісні гетероцикли: синтез, модифікація; рециклізації<br>О-гетероциклів під дією N-нуклеофілів як метод синтезу N-гетероциклів |  |           |          |          |           |    |
| 7  | Шестиланкові природні гетероцикли з атомом Оксигену. Флаволи та ізофлаволи. Самостійна робота з літературою.   | 2         | 1        |          | 12        |    |
| 8  | Бензопірони (хромони, кумарини, ізокумарини). Приклади синтезу деяких важливих похідних бензо-γ- та α-піронових систем. Самостійна робота з літературою.   | 2         |          |          |           | 12 |
| 9  | Бензопірони (хромони, кумарини, ізокумарини). Реакції з нуклеофільними та електрофільними реагентами. Самостійна робота з літературою.   | 1         |          |          |           | 12 |
|  | Модульна контрольна робота 3   | 1         |          | 1        |           |    |
|  | <b>ВСЬОГО</b>  | <b>18</b> | <b>4</b> | <b>2</b> | <b>96</b> |    |

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

Лекцій – **18 год.**

Практичні заняття – **4 год.**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота - **96 год.**

## 9. Рекомендована література

### Основна:

1. Joule J.A., Mills K. Heterocyclic chemistry. / Blackwell Science. London. - 2000 - 589 p.
2. Джоуль Дж., Смит Г. Основы химии гетероциклических соединений. – М.: Мир, 1975. - 399 с.
3. Общая органическая химия /Под ред. Д. Бартона и У. Д. Оллиса. - Т. 9. Кислородсодержащие, серусодержащие и другие гетероциклы. / Под ред. П. Г. Сэммса. - Пер. с англ. /Под ред. Н. К. Кочеткова. - М.: Химия. -1985. - 800 с.
4. Джилкрист Т. Химия гетероциклических соединений. / Изд-во М:"Мир".-1996 -463 с.
5. Горічко М.В. Металорганічні похідні гетероциклічних сполук. Навч. посібник для студентів хімічного факультету КНУ, 2008.
6. Казаков А.Л., Хиля В.П., Межеріцкий В.В., Литкеи Ю. Природные и модифицированные изофлавоноиды. - Ростов н/Д, 1985. - 184 с.
7. В. А.Смит, Н. Д. Дильман. Основы современного органического синтеза. М., 2009.
8. Ф. Кери, Р. Сандберг. Углублённый курс органической химии. В 2 т. М., 1981.
9. М. В. Горічко, В. Г. Пивоваренко. Органічна хімія. Реакції карбонільних сполук. К., 2012.
10. М. Лозинський, В. Ковтуненко. Карбаніони: синтез та алкілювання. К., 2008.

### Додаткова:

1. Ф.С. Бабичев, В.А. Ковтуненко. Химия изоиндола. Киев: Наук.думка, 1983. – 280 с.
2. Wolfe J.P. Synthesis of Heterocycles via Metal-Catalyzed Reactions that Generate One or More Carbon-Heteroatom Bonds. Springer, 2013. - 274 p.
3. А.Т. Солдатенков, Н.М. Колядина, И.В. Шендрик . Основы органической химии лекарственных веществ . 3-е изд. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний: Мир, 2012.
4. Eicher T., Hauptmann S., Speicher A. The Chemistry of Heterocycles: Structures, Reactions, Synthesis, and Applications. John Wiley & Sons, 2013. - 646 p.
5. W.A. Smith., A.F. Bochkov, R. Caple. Organic Synthesis – the Science behind the Art. Cambridge, 1998.
6. К.В. Вацуро, Г.Л. Мищенко. Именные реакции в органической химии. М., 1976.
7. Hassner A. The Chemistry of Heterocyclic Compounds, Small Ring Heterocycles: Aziridines, Azirines, Thiiranes, Thiirenes. John Wiley & Sons, 2009. - 696 p.
8. С.Варганян. Синтез основных лекарственных средств. /М. "Мед.-информ. агенство", 2005, 844 с.

*а також інтернет-ресурси.*