

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХІМІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ
Кафедра органічної хімії**



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор
інституту

/Лендел В.Г./

« 27 » червня 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ХІМІЯ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНИХ СПОЛУК

Рівень вищої освіти	другий (магістерський) рівень
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	102 Хімія
Освітня програма	Освітньо-наукова програма «Хімія»
Статус дисципліни	вибіркова
Мова навчання	українська

Ужгород 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «Хімія гетероциклічних сполук» для здобувачів вищої освіти галузі знань «10 Природничі науки» спеціальності «102 Хімія» освітньої програми «Хімія».

Розробники: Онисько М.Ю., д.х.н., завідувач кафедри органічної хімії

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри органічної хімії протокол №9 від «8» червня 2023 р.

Завідувач кафедрою  Онисько М.Ю.

Схвалено науково-методичною комісією навчально-наукового інституту хімії та екології протокол № 10 від «26» червня 2023 р.

Голова науково-методичної комісії  Сливка М.В.

© Онисько М.Ю., 2023 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2023 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС –4	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 120	1-ий	
Кількість модулів –2	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних –4 самостійної роботи студента –11	1 семестр	
	Лекції:	
	18	
	Практичні (семінарські):	
Вид підсумкового контролю: підсумковий модуль	Лабораторні:	
	24	
Форма підсумкового контролю: залік	Самостійна робота:	
	78	

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета дисципліни

Метою дисципліни є набуття компетенції в галузі хімії гетероциклічних систем. Дисципліна є продовженням і доповненням до базового курсу органічної хімії і знайомить з найбільш важливими ідеологічними та методологічними аспектами хімії гетероциклічних сполук. Вона сприяє забезпеченню загального та професійного розвитку здобувача освіти та скерована на поглиблення теоретичних знань галузі органічної хімії..

Студент повинен знати:

фундаментальні основи загальної, неорганічної та органічної хімії, а також основ фізичних методів дослідження.

Студент повинен вміти:

планувати синтез гетероциклічних сполук різних типів; використовувати знання хімії гетероциклів для вирішення стратегічних задач своїх досліджень; розробляти способи підвищення ефективності як схем отримання кінцевих речовин, так і окремих стадій; використовувати різноманітні фізико-хімічні методи при дослідженні та ідентифікації гетероциклів; використовувати знання з хімії гетероциклічних сполук для досягнення результату в суміжних дисциплінах

Навчання дисципліни має на меті розвивати у студентів такі компетентності:

ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями..

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

ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК9. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК 14. Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел.

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

ФК2. Здатність розпізнавати і аналізувати проблеми, застосовувати обґрунтовані методи вирішення проблем, приймати обґрунтовані рішення в області хімії.

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

ФК 9. Здатність обирати оптимальні методи та методики дослідження.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Хімія гетероциклічних сполук» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

Шифр НД за ОП ОК 17. Органічна хімія (ОП бакалавр 102 Хімія)
 ОК 11 Неорганічна хімія (ОП бакалавр 102 Хімія)
 ОК 15 Фізичні методи дослідження (ОП бакалавр 102 Хімія)

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Хімія гетероциклічних сполук», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знати та розуміти основні факти, закони, концепції, принципи, теорії, що стосуються предметної області.	ПРН 1
Синтезувати хімічні сполуки із заданими властивостями, аналізувати їх і оцінювати відповідність заданим вимогам.	ПРН 4

Знати методологію та організації наукового дослідження	ПРН 6
Планувати, організовувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки	ПРН 10

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Хімія гетероциклічних сполук»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Вміти синтезувати хімічні сполуки гетероциклічної природи.	ПРН 4
Складати технічне завдання до проекту, розподіляти час, організовувати свою роботу і роботу колективу, складати звіт.	ПРН 11
Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.	ПРН 14

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

Поточне оцінювання рівня засвоєння теми здійснюється на кожному лабораторно-практичному занятті. Рейтингова оцінка формується на основі поточних оцінок та результатів виконання модульної контрольної роботи. Підсумкова оцінка за дисципліну може дорівнювати рейтинговій або ж встановлюватись за підсумками складання заліку. Наявність у студента 4 і більше годин невідпрацьованих практичних занять є невиконанням індивідуального навчального плану.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю: виконана звітна робота за відповідною темою

Форма модульного контролю: контрольна робота

Форма підсумкового семестрового контролю: залік

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота									Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3					10	25
5	5	5								

T1, T2 ... – теми

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота									Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5			25	75
10	10	10	10	10						

T1, T2 ... – теми

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Лабораторно-практичні заняття (виконання та захист)	3	15	5	50
Модульна контрольна робота	1	10	1	25
Разом		25		75

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Оцінювання знань студентів з навчальної дисципліни «Хімія гетероциклічних спорудок» здійснюється на основі результатів поточного та підсумкового контролю.

Об'єктом оцінювання знань студентів є програмний матеріал навчальної дисципліни «Хімія гетероциклічних спорудок».

Поточний контроль здійснюється під час проведення практичних занять і має на меті перевірку рівня підготовки студентів.

Завданням поточного контролю є перевірка розуміння та засвоєння лекційного матеріалу, набуття практичних навичок при розв'язуванні завдань, уміння самостійно опрацювати теоретичний матеріал, висловлювати та обґрунтовувати власні думки, проводити презентацію опрацьованого матеріалу, самостійно виконувати синтез гетероциклічних сполук. Завданням підсумкового контролю (заліку) є перевірка розуміння студентами програмного матеріалу в цілому, здатності логічно та послідовно розв'язувати практичні задачі, творчо використовувати накопичені знання, представляти та описувати одержані результати.

Результати поточного оцінювання роботи студентів вносяться у журнал обліку роботи викладача.

Об'єктами поточного контролю знань студентів є:

- активність та результативність роботи на лабораторно-практичних заняттях;
- виконання завдань для самостійного опрацювання;
- виконання індивідуальної роботи;
- виконання модульної контрольної роботи.

Виконання модульної контрольної роботи передбачає надання відповідей на завдання по синтезу чи хімічним властивостям певного класу гетероциклічних сполук ..

До модульної контрольної роботи допускаються студенти, які відвідали не менше 50% аудиторних занять і отримали не менше 35% від можливої кількості балів за поточну роботу.

Ті студенти, які за результатами поточного контролю отримали 35% і більше від максимально можливої кількості балів, допускаються до заліку.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		

35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

За результатами контролю знань студентів, дозволяється виставлення екзаменаційної оцінки (без екзаменів) – «відмінно», «добре», та «задовільно» (D). Студент має право підвищити оцінку, складаючи екзамен.

Оцінки FX, F ("2") виставляються студентам, яким не зараховано хоча б один модуль з дисципліни після завершення її вивчення.

Студенту з оцінкою FX дозволяється скласти підсумковий модульний контроль. У випадку повторного одержання ним незадовільної оцінки, студент має право на повторне складання підсумкового модульного контролю (заліку) не більше 2-х разів, згідно затвердженого графіка.

Студенти, які одержали оцінку F по завершенню вивчення дисципліни (не виконали навчальну програму хоча б з одного модуля, або не набрали за поточну навчальну діяльність з модуля мінімальну кількість балів), повинні пройти повторне навчання за індивідуальним навчальним планом.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Загальні положення в хімії гетероциклічних сполук. (6 год)

Тема 1. Систематика і номенклатура гетероциклічних сполук (2 год).

Правила побудови назв моно- і полігетероциклічних систем: вибір основного гетероциклічного компонента і позначення приєднаних до нього циклів. Правила орієнтації конденсованих систем на площині для нумерації атомів скелету.

Тема 2. Загальні методи синтезу гетероциклічних сполук (2 год).

Реакції циклоприєднання, їх класифікація і застосування в хімії гетероциклічних сполук. Реакції [2+1] циклоприєднання: приєднання нітратів і карбенів. Реакції [2+2] циклоприєднання. Синтези бета-лактамів. Реакції [2+4] циклоприєднання в синтезах шестичленних гетероциклів. 1,3-Диполярне циклоприєднання як загальний метод синтезу п'яти членних гетероциклічних систем. Класифікація 1,3-диполярних реагентів по октетній стабілізації і наявності подвійного зв'язку. Реакції електрофільного приєднання із циклізацією на електродонорну групу як метод синтезу різноманітних моно-гетероциклічних і конденсованих гетероциклічних систем.

Тема 3. Теоретичні основи хімії гетероциклів (2 год).

Критерії гетероароматичності (структурні, магнітні, енергетичні, хімічні), гібридизація і стереохімія гетероатомів. Електронодонорні і електроноакцепторні властивості гетероароматичних систем. Критерії електронодонорності і електроноакцепторності. Гетероцикли і гетероатоми, як замісники і провідники електронних ефектів.

Модуль 2. Моно-та полігетероатомні гетероцикли. (12 год)

Тема 1. Моногетероатомні п'ятичленні гетероцикли (2 години).

Будова п'ятичленного гетероцикла і характер гетероатому. Загальні методи синтезу п'ятичленних гетероциклів, їх класифікація. Порівняльна характеристика фурану, піролу і тіофену, їх взаємне перетворення (Юр'єв). П'ятичленні гетероцикли в реакції дієнового синтезу. Бензенопохідні фурану, піролу і тіофену. Порівняльна характеристика в реакціях електрофільного заміщення. Поняття про п'ятичленні гетероцикли з атомами P, As, Sb, Bi, Se, Te.

Будова фурану. Методи замикання фуранового циклу: синтези Пааля-Кнорра із 1,4-дикарбонільних сполук, Фейста-Бенарі із етерів ацетилендикарбонової кислоти. Синтези фуранових сполук із пентозанів. Властивості фуранових сполук. Реакції електрофільного і нуклеофільного заміщення в фурановому ряді. Реакції приєднання. Стійкість фуранових сполук і розщеплення кільця. Гідровані похідні фурану. Тетрагідрофуран як розчинник і реагент; тетрагідрофурфуриловий спирт і його дегідратація. Природні сполуки з ядром фурану. Кантарідин. Мускарин. Кумарин (бензофуран). Синтез його із кумарину і подібні синтези із орто-заміщених фенолів. Реакції кумарона з електрофільними реагентами. Реакції метилювання. Кумарини. Гідровані похідні бензофурана. Изобензофуран. Фталан, фталід. Дибензофуран.

Будова тіофена. Способи одержання тіофенів: із 1,4-дикарбонільних сполук, тіодіацетатів і 1,2-дикарбонільних сполук (Хінзберг), естерів ацетилендикарбонової кислоти. Синтез α -амінотіофенів (Гевальд). Хімічні властивості тіофенів. Індифенінова реакція. Реакції електрофільного і нуклеофільного заміщення в ряді тіофену. Природні сполуки з тіофеновим ядром. Біотини і біоцетин.

Будова піролу. Синтез із 1,4-дикарбонільних сполук. Синтез по Ганчу. Синтез Корра. Реакції електрофільного і нуклеофільного заміщення в пірольному ядрі.

Будова індолу. Синтези індольного кільця. Способи одержання індолів по Фішеру, Маделунгу, Рейсерту, Неніцеску і Бішлеру. Реакції електрофільного і нуклеофільного заміщення в ряді індолу. Алкілювання індолів. Оксигеновмісні похідні індолу по пірольному ядру: індоксил, оксіндол, діоксиіндол, ізатин, їх синтези і хімічні властивості.

Тема 2. Класифікація азолів; методи їх синтезу та хімічні властивості (2 год).

Група азолів. Класифікація азолів. Група піразола. Будова піразолового ядра. Таутомерія. Синтези, що приводять до піразолів: приєднання жирних діазосполук до ацетиленів, реакції гідразина та його похідних з 1,3-дикарбонільними сполуками (Кнорр), з ацетилендикарбонільними сполуками (Кляйзен). Реакція заміщення в ряді піразола. Піразолін, піразолон. Синтез і властивості. Антипирин і подібні сполуки.

1,3-Азоли (оксазол, імідазол, тіазол) та 1,2-азоли (ізоксазол, ізотіазол) їх реакційна здатність, методи синтезу. Таутомерні форми 1,2- і 1,3-діазолів. Природні сполуки, що містять тіазольний цикл (вітамін В1, пеніцилін).

Триазоли. Загальні методи синтезу. Методи одержання 1,2,4-триазол-3-тіонів. Хімічні властивості 1,2,4-триазол-3-тіонів. Синтез конденсованих систем на основі триазолів.

Тема 3. Моногетероатомні шестичленні гетероцикли (4 год)

Будова. Виділення піридинових основ із кам'яновугільної смоли. Синтези піридинового ядра: із 1,5-дикарбонільних сполук або солей піридилія, із альдегідів, γ -дикарбонільних сполук і ціанацетамідів (Гуареші), із оксазолів і дієнофілів, із альдегідів і амоніаку (Чічібабін). Властивості піридинів. Реакції електрофільного і нуклеофільного заміщення в ряді піридинів. Алкілпіридини і їх четвертинні солі в ціанових конденсаціях. N-Окис піридину; застосування в органічному синтезі.

Будова. Синтези хінолінового ядра: метод Скраупа і Дебнера-Міллера. Одержання хінолінів із орто-амінобензальдегідів і карбонільних сполук (реакція Фрідлендера). Синтез Конрада-Лімпаха-Кнорра. Властивості хінолінів. Реакції електрофільного і нуклеофільного заміщення в ряді хіноліну. Реакції з окисниками. Аміно-і гідроксихіноліни. Кислоти групи хіноліну. Ціанові барвники з ядрами хіноліну. Їх класифікація і способи одержання. Пінаціанол. Гідровані похідні хіноліну і алкалоїди групи хіноліну: хінін.

Будова ізохіноліну. Синтези ізохінолінового ядра (Бішлера-Напіральського). Електрофільне і нуклеофільне заміщення в ряді ізохіноліну. Алкалоїди групи ізохіноліна: папаверін, морфін і його похідні.

Тема 4. Шестичленні гетероцикли з двома гетероатомами (2 год).

Піридазин, піразин, піримідин. Їх бензопохідні: цинолін, фталазин, хіназолін, хіноксалін. Синтез піразинового ядра: із α -амінокарбонільних сполук, із 1,2-дикарбонільних сполук і 1,2-діаміносполук. Методи синтезу піразинового ядра. Хімічні властивості піразину і піридазину. Група піримідину. Синтези похідних піримідину і амідинів, сечовин, тіосечовин, гуанідинів. Властивості піримідинового ядра. Перегрупування Дімрота в ряді піримідина. Природні аміно- і

гідроксипохідні піримідину: урацил, тимін, цитозин, їх участь у побудові нуклеїнових кислот. Барбітурова кислота та її похідні. Сульфамідні препарати групи піримідина: сульфазин, сульфадимезин. Тіамін (вітамін В1), карбоксилаза.

Тема 5 Поліконденсовані гетероциклічні системи (2год)

Група пурина. Будова. Синтези пуринів. Сечова кислота. Нуклеозиди. Аденін, Тіоксантин. Гуанін. Нуклеотиди. Аденозінфосфати. Нуклеїнові кислоти. Алкалоїди групи пурина: кофеїн, теобромін.

Загальні методи одержання тієно[2,3-d]піримідинової системи. Хімічні властивості тієно[2,3-d]піримідинів. Синтез конденсованих систем на основі тієно[2,3-d]піримідинів..

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Форма навчання:				
	Усього	у тому числі			
лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
Модуль 1					
Тема 1. Систематика і номенклатура гетероциклічних сполук.		2			
Тема 2. Загальні методи синтезу гетероциклічних сполук.		2		2	12
Тема 3. Теоретичні основи хімії гетероциклів		2		2	10
Модульна контрольна робота					
Разом за модуль		6		4	22
Модуль 2					
Тема 1. Моногетероатомні п'ятичленні гетероцикли		2		4	10
Тема 2. Класифікація азолів; методи їх синтезу та хімічні властивості.		2		4	10
Тема 3. Моногетероатомні шестичленні гетероцикли		4		4	12
Тема 4. Шестичленні гетероцикли з двома гетероатомами		2		4	12
Тема 5 Поліконденсовані гетероциклічні системи		2		4	14
Модульна контрольна робота					
Разом за модуль		12		20	56
Разом за семестр	120	18		24	78

6.3. Теми лабораторно-практичних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Моделювання синтезу гетероциклів	2	
2	Аналіз спектральних даних ЯМР гетероциклічних сполук.	2	
3	Синтез функціональних похідних тіофену	4	

4	Синтез похідних 1,2,4-триазол-3-тіону	4	
5	Синтез функціоналізованого хіноліну	4	
6	Синтез тіобарбітурової кислоти	4	
7	Синтез тієно[2,3-d]піримідину		
Разом		24	

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Інструментальні методи дослідження гетероциклів. Теоретичні аспекти хімії гетероциклів	12	
2	Гетероцикли та гетероатоми як замісники та провідники електронних ефектів	10	
3	Поняття про п'ятичленні гетероцикли із атомами фосфору, арсену, сурми, вісмуту, селену, телуру	10	
	Біологічно активні сполуки із ядром імідазолу. Алкалоїди із імідазольним ядром	10	
4	Найважливіші природні та синтетичні похідні індолу: грамін, триптофан, триптамін, гормони центральної нервової системи (серотонін, мелатонін). Індиго та індигоїдні барвники	10	
5	Гідрування похідних піридину. Піперидин, його отримання та властивості. Алкалоїди із ядром піридину. Алкалоїди групи ізохіноліну.	12	
6	Конденсовані тіофени. Синтез і реакції електрофільного та нуклеофільного заміщення. Кисневмісні похідні тіонафтену. Тіоіндиго.	14	
Разом		78	

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Joule J.A., Mills K., Heterocyclic Chemistry, A John Wiley & Sons, Ltd., Publ. 2010.
2. Quin L.D., Tyrell J.A., Fundamentals of Heterocyclic Chemistry: Importance in Nature and in the Synthesis of Pharmaceuticals. A John Wiley & Sons, Ltd., Publ. 2010.
3. Katritzky A.R., J. M. Lagowski J.M. Handbook of Heterocyclic Chemistry. Elsevier, 2010.
5. Швайка О. П. Начала хімії гетероциклічних сполук : навч. посіб. / Олесь Павлович Швайка, Микола Іванович Коротких ; НАН України. Ін-т фіз.-орган. хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка, НАН України. Ін-т органічної хімії, Донец. нац. ун-т ім. Василя Стуса. – Київ : Академперіодика, 2020. – 190с

**Результати перегляду
робочої програми навчальної дисципліни**

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20___ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20___ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20___ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами(Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20___ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)