

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів
(назва інституту / факультету)

Кафедра хімії та експертизи харчової продукції
(назва кафедри)

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор навчально-наукового інституту
біології, хімії та біоресурсів



Руслан БЕСПАЛЬКО

“ 29 ” Серпня 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

Стратегія та тактика органічного синтезу

(назва навчальної дисципліни)

обов'язкова

(вказати: обов'язкова / вибіркова)

Освітньо-професійна програма Хімія

(назва програми)

Спеціальність ЕЗ Хімія

(вказати: код, назва)

Галузь знань Е Природничі науки, математика та статистика

(вказати: шифр, назва)

Рівень вищої освіти другий магістерський

(вказати: перший бакалаврський/другий магістерський)

Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів

(назва факультету/інституту, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаною освітньо-професійною програмою)

Мова навчання українська

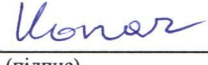
(вказати: на якій мові читається дисципліна)

Чернівці 2025 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Стратегія і тактика органічного синтезу» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Хімія».

Розробник: Скрипська Ольга Василівна, доцент кафедри хімії та експертизи харчової продукції, к.х.н., доцент

Викладач: Скрипська Ольга Василівна, доцент кафедри хімії та експертизи харчової продукції, к.х.н., доцент


Погоджено з гарантом ОП  Олег КОПАЧ
(підпис) (ім'я, прізвище)

Затверджено на засіданні кафедри хімії та експертизи харчової продукції
Протокол № 1 від «27» серпня 2025 року

Завідувач кафедри  Анастасія САЧКО
(підпис) (ім'я, прізвище)

Схвалено методичною радою навчально-наукового інституту біології, хімії та біоресурсів

Протокол № 1 від «29» серпня 2025 року

Голова методичної ради  Галина МОСКАЛИК
(підпис) (ім'я, прізвище)

Мета навчальної дисципліни: ознайомлення студентів з основними сучасними підходами до планування складних синтезів органічних сполук, опанування ними стратегії і тактики синтезу, оволодіння навичками самостійного планування синтезів сполук, які використовуються в найрізноманітніших сферах діяльності людей, поглиблене вивчення теоретичних основ, специфічних прийомів синтетичної органічної хімії для комплексного їх використання під час одержання органічних речовин різних класів, формування практичних навичок і вмінь для планування і проведення складних хімічних експериментів.

Перереквізити:

Викладання навчальної дисципліни базується на знаннях, отриманих в результаті вивчення попередніх навчальних дисциплін та набуття компетенцій після завершення навчання на рівні бакалавра або ОКР спеціаліста.

Результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни сприятиме формуванню загальних та фахових компетентностей.

Загальні компетентності:

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

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.

ЗК 6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК 11. Здатність діяти на основі етичних міркувань (мотивів).

ЗК 13. Здатність до активного збереження довкілля.

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

Фахові компетентності:

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.

ФК 6. Здатність здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх із уже наявними.

ФК 7. Здатність дотримуватися етичних стандартів досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (академічна доброчесність, ризики для людей і довкілля тощо).

ФК 8. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в галузі хімії, вибирати напрями та відповідні методи для їх розв'язання на основі розуміння сучасної проблематики досліджень в галузі хімії та беручи до уваги наявні ресурси.

ФК 9. Здатність обирати оптимальні методи та методики дослідження.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент має набути складових Програмного результату навчання:

ПРН1. Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.

ПРН3. Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії.

ПРН4. Синтезувати хімічні сполуки із заданими властивостями, аналізувати їх і оцінювати відповідність заданим вимогам.

ПРН9. Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи відповідні методи та інструменти роботи з даними.

ПРН10. Планувати, організовувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.

ПРН13. Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.

ПРН14. Володіння загальною методологією здійснення наукового дослідження.

В результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен:

знати: основні сучасні хімічні реакції та основні типи механізмів хімічних реакцій, необхідні для планування органічних синтезів. Принципи утворення зв'язку карбон-карбон. Синтетичні методи побудови карбонового скелету молекул. Методи цілеспрямованого одержання і перетворення функціональних груп. Методи ведення захисних груп, хемо-, та регіостереоселективні реакції. Ретросинтетичний аналіз, сучасні технології проведення органічних синтезів у лабораторіях.

вміти: планувати синтез органічних сполук будь-якої складності, проводити експериментально органічні синтези органічних сполук в хімічній лабораторії з використанням сучасних технологій. Здійснювати вмільний вибір синтетичних методів для створення чи відтворення потрібних органічних речовин, вміння оцінювати ефективність того чи іншого методу синтезу, прогнозувати оптимальні умови синтезу нових органічних сполук.

Опис навчальної дисципліни

Загальна інформація

Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість		Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	1	1	5	150	14	-	-	30	106	-	іспит

Структура змісту навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем навчальних занять	Кількість годин												
	денна форма						Заочна форма						
	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
л		п/с	лаб	інд	с.р.	л		п/с	лаб	інд	с.р.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Змістовий модуль 1. Вступ. Тактичні прийоми органічного синтезу													
Тема 1. Вступ.	12	2		6		4							
Тема 2. Органічна реакція і синтетичний метод.	6	2				4							
Тема 3. Принципи утворення зв'язку карбон-карбон. Гомолітичні та гетеролітичні реакції.	8	1		1		6							
Тема 4. Магнійорганічні	8	1		1		6							

сполуки в органічному синтезі.												
Тема 5. Реакції конденсації як синтетичні методи.	8			2		6						
Разом за змістовим модулем 1	42	6		10		26						
Змістовий модуль 2. Роль функціональних груп при плануванні синтезу. Селективність органічних реакцій												
Тема 6. Тактичні прийоми органічного синтезу – введення функціональних груп.	8	1		-		7						
Тема 7. Методи галогенування, сульфонування, нітрування та нітрозування в органічному синтезі.	13	1		4		8						
Тема 8. Перетворення функціональних груп. Реакції відновлення і окиснення як синтетичні методи.	8	1				7						
Тема 9. Реакції діазотування та азосполучення, їх роль у органічному синтезі.	9	1		1		7						
Тема 10. Управління селективністю органічних реакцій. Захист функціональних груп як шлях досягнення селективності реакції	9	1		1		7						
Разом за змістовим модулем 2	47	5		6		36						
Змістовий модуль 3. Побудова циклічних структур. Стратегії планування органічних синтезів та сучасні технології їх проведення												
Тема 11. Принципи побудови циклічних систем. Особливості синтезів малих циклів та циклів середнього розміру	8					8						
Тема 12. Великі цикли. Принципи макроциклізації	10	2				8						
Тема 13. Реагенти, еквіваленти, синтони	9	1				8						
Тема 14. Принципи планування органічних синтезів. Синтетичні стратегії. Організація	16			6		10						

синтетичних схем.												
Тема 15. Приклади планування та виконання ефективних синтезів природних сполук, сучасних лікарських засобів.	18			8		10						
Разом за змістовим модулем 3	61	3		14		44						
Разом	150	14		30		106						

Тематика лекційних занять з переліком питань

№	Назва теми з основними питаннями
1	Тема 1. Вступ. Мета та завдання органічного синтезу. Органічний синтез: наука і мистецтво. Роль синтезу та його взаємини із загальною органічною хімією. Основні методи органічного синтезу. Синтетична еквівалентність функціональних груп. Синтез як пошук. Синтез як інструмент дослідження. Виявлення закономірностей, що зв'язують будову сполук з їх властивостями. Створення нових, проблемних для органічної хімії структур. Розширення спектру відомих органічних сполук. Планування синтезу: стратегія й тактика. Організація роботи в хімічній лабораторії з органічного синтезу. Підготовка речовин до синтезу. Вихідні речовини для багатостадійних синтезів. Комерційно доступні вихідні сполуки. Каталоги реактивів. Організація роботи в хімічній лабораторії з органічного синтезу. Основна сировина. Вихідні речовини. Очистка реагентів і розчинників.
2	Тема 2. Органічна реакція і синтетичний метод. Термодинамічна допустимість реакції. Наявність каналу реакції. Фактори, що впливають на хід реакції. Термодинамічний та кінетичний контроль реакції. Інтермедіат та перехідний стан. Енергетичні особливості. Органічна реакція та синтетичний метод. Вимоги, яким повинна відповідати органічна реакція, щоб служити основою синтетичного методу. Обмеження перетворення органічної реакції у синтетичний метод.
3	Тема 3. Принципи утворення зв'язку карбон-карбон. Гомолітичні та гетеролітичні реакції. Принципи утворення зв'язку C–C. Можливі шляхи конструювання зв'язку. Гомолітичні та гетеролітичні реакції. Органічні іони. Фактори, що впливають на стабільність органічних іонів. Електрофіли та нуклеофіли в реакціях утворення зв'язків C–C. Планування збирання зв'язку C–C на прикладі реакції В'юрца. Варіанти розбирання зв'язку та варіанти синтезу на основі проведеного ретросинтетичного аналізу.
4	Тема 4. Магнійорганічні сполуки в органічному синтезі. Одержання магнійорганічних сполук та їх будова. Реакційна здатність магнійорганічних сполук. Використання магнійорганічних сполук в органічному синтезі.
5	Тема 5. Реакції конденсації як синтетичні методи. Загальні властивості карбонільних сполук. Таутомерія. Альдольна і кротонова конденсації. Естерна конденсація. Синтези на основі ацетооцтового і малонового естерів. Різноманітні реакції карбонільних сполук. Альдольна реакція альдегідів та кетонів за «класичних» умов. Альдольна реакція за участі стабілізованих енолятів. Реакція Кневенагеля. Реакція Перкіна. Реакція Кляйзена. Реакція Манніха. Бензоїнова конденсація. Синтетичні обмеження застосування реакцій конденсації.
6	Тема 6. Тактичні прийоми органічного синтезу – введення функціональних груп. Рівень окиснення карбонового центра і класифікація функціональних груп за

	<p>станом окиснення атома карбону. Ізогіпсичні та неізогіпсичні реакції, приклади таких реакцій. Ізогіпсичні перетворення. Ізогіпсичні перетворення в межах рівня окиснення 1, роль спиртів та алкенів. Ізогіпсичні реакції на рівні окиснення 2, перетворення за участю карбонільних сполук, алкінів, оксидів та алільних похідних. Галогенангідриди в ізогіпсичних реакціях на рівні окиснення 3. Синтетична еквівалентність функціональних груп одного рівня окиснення. Неізогіпсичні реакції як шлях переходу між різними рівнями окиснення.</p>
7	<p>Тема 7. Методи галогенування, сульфування, нітрування та нітрозування в органічному синтезі.</p> <p>Основні функціональні групи та їх роль у органічному синтезі. Методи прямого введення функціональних груп. Методи галогенування. Загальні відомості. Гомолітичне галогенування. Гетеролітичне галогенування. Приєднання до кратних зв'язків гідрогенгалогенідів. Галогенування в ароматичне ядро. Взаємозаміщення атомів галогенів. Заміщення атомів гідрогену в гетероатомній групі. Методи сульфування в синтезі. Роль сульфогрупи в синтезі. Сульфуючі агенти. Зворотність реакції (причини), побічні процеси. Особливості виділення аренсульфокислот. Сульфування хлорсульфоною кислотою. Методи нітрування в органічному синтезі. Механізм реакції нітрування, нітруючі агенти. Вплив замісників й умов проведення реакції нітрування на відносні виходи <i>o</i>- та <i>m</i>-ізомерів. Методи нітрозування в синтезі. Механізм реакції, нітрозуючі агенти. Умови проведення реакції. Роль нітрозогрупи у синтезі. Синтез нітрофунгіню.</p>
8	<p>Тема 8. Перетворення функціональних груп. Реакції відновлення і окиснення як синтетичні методи.</p> <p>Окисно-відновні реакції в органічній хімії. Перетворення функціональних груп, що супроводжуються зміною їх рівня окиснення (неізогіпсичні перетворення): окиснення та відновлення. Сучасні реагенти, що використовуються для таких процесів. Методи відновлення. Відновлення металами. Відновлення через перенос гідрид-йона. Особливості відновлення ізопропілатом алюмінію в ізопропіловому спирті. Відновлення з передачею електронної пари від нуклеофільного агента. Відновлення воднем. Механізм гетерогенного каталізу, активність і селективність катализаторів. Методи окиснення органічних сполук. Окиснення вуглеводнів до спиртів та альдегідів. Окиснення спиртів до альдегідів та карбонових кислот. Зворотне перетворення карбонільних похідних у спирти. Окиснення алкілароматичних сполук до кислот. Окиснення кратних карбон-карбонів зв'язків.</p>
9	<p>Тема 9. Реакції діазотування та азосполучення, їх роль у органічному синтезі.</p> <p>Синтез аліфатичних та ароматичних солей діазонію, їх стійкість, використання в органічному синтезі. Умови проведення реакцій діазотування та азосполучення. Механізми реакції діазотування. Хімічні властивості солей діазонію. Реакції Гатермана-Зандмейєра, Несмеянова, Мейєрвейна. Механізм реакції азосполучення. Практичне застосування реакцій діазотування та азосполучення. Взаємоперетворення функціональних груп як стратегічний метод у повному синтезі.</p>
10	<p>Тема 10. Управління селективністю органічних реакцій. Захист функціональних груп як шлях досягнення селективності реакції.</p> <p>Класифікація проблем селективності. Управління селективністю органічних реакцій. Класифікація проблем селективності. Послідовні, паралельні та послідовно-паралельні реакції. Забезпечення селективності вибором реакції. Управління селективністю реакції варіюванням природою реагентів. Селективна активація альтернативних реакційних центрів. Захист функціональних груп як універсальний спосіб управління селективністю реакцій. Класифікація захисних груп відповідно до умов їх зняття та відповідно до груп, що захищають. Найбільш поширений захист гідроксильної, карбонільної, аміно- та карбоксильної груп. Захист функціональних груп як стратегічний прийом в органічному синтезі.</p>
11	<p>Тема 11. Принципи побудови циклічних систем. Особливості синтезів малих циклів та циклів середнього розміру.</p> <p>Специфіка задач при синтезі циклічних сполук. Малі цикли: похідні</p>

	циклопропану і циклобутану, п'яти- і шестичленні цикли.
12	Тема 12. Великі цикли. Принципи макроциклізації. Ефекти багатоцефрової координації. Селективність циклоутворення в комплексах перехідних металів. Циклоприєднання, як методи одержання циклічних структур. Роль радикальних реакцій в синтезі циклічних сполук. Радикальні реакції та їх роль у синтезі циклічних сполук.
13	Тема 13. Реагенти, еквіваленти, синтони. Ідеальний органічний синтез. Поняття про реагенти, еквіваленти, синтони. Синтони як універсальні будівельні блоки та їх реальні синтетичні еквіваленти. Синтонний підхід як інструмент в розробці шляхів синтезу. Приклади C1–C5 синтонів, що часто використовуються при плануванні сучасних органічних синтезів. Синтони $^+\text{COOH}$, $^-\text{COOH}$. C ₂ -Синтони на основі ацетилену. Метилвінілкетон як синтетичний еквівалент C ₄ -синтонів. C ₂ -, C ₃ -, C ₄ -Синтони на основі ацетооцтового естеру.
14	Тема 14. Принципи планування органічних синтезів. Синтетичні стратегії. Організація синтетичних схем. Роль планування в синтезі. Фактори, що визначають планування та проведення органічного синтезу: механізм реакції, природа розчинника, температура, роль каталізатора. Правила складання схем синтезу. Варіанти стратегії: планування від «вихідних сполук», планування від «цільової структури», дебют, розбірка стратегічного кору молекули, вибір «стратегічного зв'язку» в цільовій молекулі. Аналіз структури як цілого. Синтез за літературними даними, синтез за аналогією. Планування ланцюга перетворень, оптимізація плану синтезу. Організація синтетичних схем: лінійна і конвергентна побудова. Комп'ютер як гід і помічник у ретросинтетичному аналізі. Синтез 1,3,5-трифеніл-2-піразоліну.
15	Тема 15. Приклади планування та виконання ефективних синтезів природних сполук, сучасних лікарських засобів. Лікарські засоби для лікування вірусних захворювань, антибактеріальні лікарські засоби, лікування ракової пухлини. Синтез ксимедону.

Тематика семінарських занять з переліком питань

№	Назва теми з основними питаннями
1	

Навчальним планом не передбачено

Тематика практичних занять з переліком питань

№	Назва теми з основними питаннями
1	

Навчальним планом не передбачено

Тематика лабораторних занять з переліком питань

Завдання до виконання синтезів такі:

1. Опрацювати рекомендовану літературу.
2. Підготувати протокол виконання синтезу (має містити інформацію про характеристику вихідних речовин та продуктів синтезу, схему приладу для синтезу, методику виконання синтезу та розрахунок синтезу).
3. Отримати «допуск» до виконання синтезу (передбачає знання методики синтезу і правил техніки безпеки).
4. Провести синтез цільового продукту.
5. Провести розрахунок виходу продукту.
6. Контроль теоретичних завдань.

№	Назва теми з основними питаннями
1	Вступ. Техніка безпеки. Очистка розчинників та реагентів.
2.	Синтез нітрофунгіну.
3.	Синтез 1,3,5-трифеніл-2-піразоліну.
4.	Синтез ксимедону.

Індивідуальні науково-дослідні завдання ІНДЗ)

№	Завдання до тем
1	

Навчальним планом не передбачено

Завдання для самостійної роботи студентів

№	Назва теми	Завдання для самостійної роботи	Кількість годин
1.	Тема 1. Вступ..	Організація роботи в хімічній лабораторії з органічного синтезу. Основна сировина. Вихідні речовини.	4
2.	Тема 2. Органічна реакція і синтетичний метод.	Обмеження перетворення органічної реакції у синтетичний метод.	4
3.	Тема 3. Принципи утворення зв'язку карбон-карбон. Гомолітичні та гетеролітичні реакції.	Реакції конденсації. Естерна, альдольно-кротонова конденсації та споріднені реакції. Синтетичні обмеження застосування реакцій конденсації.	6
4.	Тема 4. Магнійорганічні сполуки в органічному синтезі.	Ізогіпсичні перетворення в межах одного рівня окиснення	6
5.	Тема 5. Реакції конденсації як синтетичні методи.	Неізогіпсичні реакції як шлях переходу між різними рівнями окиснення.	6
6.	Тема 6. Тактичні прийоми органічного синтезу – введення функціональних груп.	Тактичні прийоми органічного синтезу – введення функціональних груп.	7
7.	Тема 7. Методи галогенування, сульфування, нітрування та нітрузування в органічному синтезі.	Методи галогенування, сульфування, нітрування та нітрузування в органічному синтезі.	8
8.	Тема 8. Перетворення функціональних груп. Реакції відновлення і окиснення як синтетичні методи.	Перетворення функціональних груп. Реакції відновлення і окиснення як синтетичні методи. Реакції Вільгеродта, Опенауера; Прилежаєва.	7
9.	Тема 9. Реакції діазотування та азосполучення, їх роль у органічному синтезі.	Реакції Гатермана-Зандмейера, Несмеянова, Мейсрвейна..	7
10.	Тема 10. Управління селективністю органічних реакцій.	Управління селективністю органічних реакцій. Послідовні, паралельні та послідовно-паралельні реакції. Захист функціональних груп як шлях досягнення селективності	7

	Захист функціональних груп як шлях досягнення селективності реакції	реакції.	
11.	Тема 11. Принципи побудови циклічних систем. Особливості синтезів малих циклів та циклів середнього розміру	Принципи побудови циклічних систем. Селективність циклоутворення в комплексах перехідних металів.	8
12.	Тема 12. Великі цикли. Принципи макроциклізації	Принципи макроциклізації.	8
13.	Тема 13. Реагенти, еквіваленти, синтони	Приклади C1–C5 синтонів, що часто використовуються при плануванні сучасних органічних синтезів.	8
14.	Тема 14. Принципи планування органічних синтезів. Синтетичні стратегії. Організація синтетичних схем.	Синтез за літературними даними, синтез за аналогією. Планування ланцюга перетворень, оптимізація плану синтезу.	10
15.	Тема 15. Приклади планування та виконання ефективних синтезів природних сполук, сучасних лікарських засобів.	Дизайн нових лікарських засобів.	10

Методи навчання: пояснювально-ілюстративні, проблемного викладу, частково-пошукові. При вивченні навчальної дисципліни студенти використовують підручники, конспекти лекцій, методичні вказівки, лабораторне обладнання і посуд, необхідний для виконання лабораторних робіт, відповідні реактиви. Згідно з навчальним планом, методами організації і здійснення навчальної діяльності є: а) лекції б) лабораторні заняття в) самостійна робота студентів.

Теми лекційного курсу розкривають проблемні питання окремих напрямків органічного синтезу. Лекційний матеріал подається з використанням мультимедійного обладнання, комп'ютера, відеокліпів. На лабораторних заняттях планується проведення синтезів органічних сполук, їх виділення і очистки, встановлення фізико-хімічних констант. Рекомендується студентам на лабораторних заняттях записувати протоколи та проводити розрахунок синтезу сполук.

Система контролю та оцінювання

У процесі вивчення навчальної дисципліни «**Стратегія і тактика органічного синтезу**» використовуються наступні **методи контролю навчальних досягнень студентів**:

- ✓ усний контроль (в ході опитування, бесіди);
- ✓ тестовий контроль;
- ✓ письмовий контроль (контрольні роботи в письмовій формі);
- ✓ лабораторний контроль (виконання і захист лабораторних робіт).

Знання студентів з навчальної дисципліни «**Стратегія і тактика органічного синтезу**» оцінюються за модульно-рейтинговою системою.

Форми контролю: використовується **поточний, підсумковий контроль** навчальних досягнень студентів, контроль виконання самостійної роботи.

Поточний контроль. Протягом семестру студент може набрати 60 балів за виконання і захист лабораторних робіт, написання тестових і контрольних робіт. Підсумкова оцінка є сумою оцінок за 3 лабораторні роботи (5 балів за кожну лабораторну роботу), оцінок за три тестових роботи (5 балів кожна), оцінок за три модульні контрольні роботи (10 балів кожна).

Підсумковий контроль: іспит (40 балів).

Завдання для самостійної роботи включені до модульних контрольних робіт і завдань до іспиту.

Критерії оцінювання поточного та підсумкового контролю

Розподіл балів, які отримують студенти

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання (<i>аудиторна та самостійна робота</i>)															Кількість балів (екзаменаційна робота)	Сумарна к-ть балів
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2					Змістовий модуль 3						
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15		
2	2	2	2	13	4	4	4	4	5	2	3	5	3	5	40	100

ЗМ 1. Вступ. Тактичні прийоми органічного синтезу

Тема 1. Вступ.

Тема 2. Органічна реакція і синтетичний метод.

Тема 3. Принципи утворення зв'язку карбон-карбон. Гомолітичні та гетеролітичні реакції.

Тема 4. Магнійорганічні сполуки в органічному синтезі.

Тема 5. Реакції конденсації як синтетичні методи.

ЗМ 2. Роль функціональних груп при плануванні синтезу. Селективність органічних реакцій

Тема 6. Тактичні прийоми органічного синтезу – введення функціональних груп.

Тема 7. Методи галогенування, сульфування, нітрування та нітרוзування в органічному синтезі.

Тема 8. Перетворення функціональних груп. Реакції відновлення і окиснення як синтетичні методи.

Тема 9. Реакції діазотування та азосполучення, їх роль у органічному синтезі.

Тема 10. Управління селективністю органічних реакцій. Захист функціональних груп як шлях досягнення селективності реакції.

ЗМ 3. Побудова циклічних структур. Стратегії планування органічних синтезів та сучасні технології їх проведення

Тема 11. Принципи побудови циклічних систем. Особливості синтезів малих циклів та циклів середнього розміру.

Тема 12. Великі цикли. Принципи макроциклізації.

Тема 13. Реагенти, еквіваленти, синтони.

Тема 14. Принципи планування органічних синтезів. Синтетичні стратегії. Організація синтетичних схем.

Тема 15. Приклади планування та виконання ефективних синтезів природних сполук, сучасних лікарських засобів.

Підсумкова оцінка, як показник результатів вивчення навчальної дисципліни, складається із сумарної кількості балів за поточне оцінювання – **60 балів** та підсумкового модуль-контролю (екзамену) – **40 балів**, за **100-бальною університетською шкалою**, яка переводиться відповідно у національну шкалу («незадовільно», «задовільно», «добре», «відмінно») та шкалою європейської кредитно-трансферної системи (ЄКТС) (F, FX, E, D, C, B, A).

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

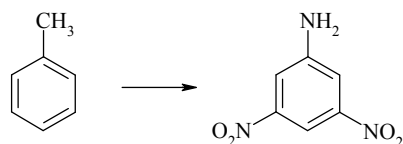
Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ЄКТС	
	Оцінка (бали)	Пояснення за розширеною шкалою
Відмінно	A (90-100)	відмінно
Добре	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
Задовільно	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
Незадовільно	FX (35-49)	(незадовільно) з можливістю повторного складання
	F (1-34)	(незадовільно) з обов'язковим самостійним опрацюванням освітнього компонента до перескладання

Перелік питань для самоконтролю та підсумкового контролю навчальних досягнень студентів

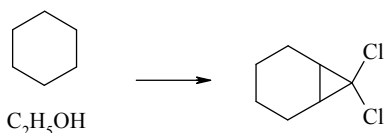
1. Мета та завдання органічного синтезу. Поясніть значення термінів «стратегія органічного синтезу», «тактика органічного синтезу».
2. Основні методи органічного синтезу. Роль конструктивних реакцій при плануванні синтезу.
3. Органічна реакція та синтетичний метод. Вимоги, яким повинна відповідати органічна реакція, щоб служити основою синтетичного методу.
4. Органічні реакції і синтетичні методи. Приклади. Описати створення синтетичного методу реакції Вюрца.
5. Показати відмінність між органічною реакцією і синтетичним методом на прикладі реакції гідратації алкенів.
6. Обмеження перетворення органічної реакції у синтетичний метод, зумовлені розчинністю компонентів реакційної системи на прикладі реакції окиснення органічних сполук калій перманганатом.
7. Навести приклади реакцій синтетичних методів утворення карбонового скелету.
8. Органічні іони. Фактори, що впливають на стабільність органічних іонів. Синтетичні еквіваленти органічних іонів.
9. Електрофіли та нуклеофіли в реакціях утворення зв'язків C-C. Варіанти розбирання зв'язку та варіанти синтезу на основі проведеного ретросинтетичного аналізу.
10. Рівні окиснення атомів карбону. Навести приклади сполук. Класифікація функціональних груп за рівнями окиснення атомів карбону.

11. Рівні окиснення атомів карбону. Навести приклади сполук. Класифікація реакцій за зміною рівня окиснення атомів карбону. Навести приклади.
12. Ізогіпсичні перетворення в межах рівня окиснення 1. Синтетична еквівалентність функціональних груп одного рівня окиснення.
13. Неізогіпсичні реакції як шлях переходу між різними рівнями окиснення. Окиснення спиртів до альдегідів та карбонових кислот. Зворотне перетворення карбонільних похідних у спирти.
14. Методи відновлення. Відновлення металами. Звернути увагу на вибір відновників для відновлення карбонільної та нітрогруп. *Пр.: метиран, сульфаметизол, сульфаetidол.* Відновлення натрієм у рідкому аміаку (Берч): закономірності реакції, механізм.
15. Методи відновлення. Відновлення через перенос гідрид-йона. Порівняти активність і умови застосування алюмогідридів і борогідридів лужних металів. *Пр.: азапетин, піридинолкарбамаат.* Особливості відновлення ізопропілатом алюмінію в ізопропіловому спирті. *Пр.: хлорамфенікол.*
16. Методи відновлення. Відновлення з передачею електронної пари від нуклеофільного агента. *Пр.: амінофеназон.* Відновлення станум (II) хлоридом і сульфідами.
17. Методи відновлення. Відновлення воднем. Описати механізм гетерогенного каталізу, порівняти активність і селективність каталізаторів. *Пр.: парацетамол, нікотинілалкоголь, транексамова кислота.*
18. За допомогою яких реагентів можна відновити карбонільні сполуки до спиртів, вуглеводнів?
19. Окиснення як метод органічного синтезу. Реагенти для реакцій окиснення. Окиснення спиртів до альдегідів і кетонів.
20. Методи окиснення. Окиснення по зв'язку C–H: одержання спиртів, ароматичних альдегідів, окиснення в алільне положення хромовим ангідридом, *трет-бутилпербензоатом, діоксидом селену.*
21. Методи окиснення. Окиснення алкілароматичних сполук до кислот. *Пр.: нікотинова, ізонікотинова та транексамова кислоти.*
22. Управління селективністю органічних реакцій. Забезпечення селективності вибором реакції.
23. Управління селективністю органічних реакцій. Управління селективністю реакції варіюванням природи реагентів.
24. Захист функціональних груп як шлях досягнення селективності реакції. Захист гідроксильних груп.
25. Захист функціональних груп як шлях досягнення селективності реакції. Захист аміногруп.
26. Захист функціональних груп як шлях досягнення селективності реакції. Захист карбонільної групи.
27. Захист функціональних груп як шлях досягнення селективності реакції. Захист карбоксильної групи.
28. Побудова циклічних структур. Специфіка задач при синтезі циклічних структур. Малі цикли: похідні циклопропану та циклобутану.

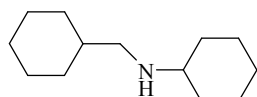
29. Побудова циклічних структур великого розміру. Синтез лактонів. Класичний метод проведення макролактонізації Ціглера. Синтез лактонів, що базується на «електростатичному стимулюванні».
30. Побудова циклічних структур великого розміру. Синтез лактаму, що містить 13-членний цикл і є основним структурним фрагментом алкалоїду целасиніну шляхом фіксації необхідної геометрії субстрату за рахунок сполук бору.
31. Побудова циклічних структур великого розміру шляхом фіксації необхідної геометрії субстрату. Синтез краун-етерів.
32. У чому полягає головна ідея ретросинтетичного аналізу? Ретросинтетичний аналіз: трансформи, ретрони, синтони. Наведіть приклади.
33. У чому полягають переваги та недоліки конвергентного синтезу над лінійним?
34. Який зв'язок в органічній сполуці називають стратегічним? Які критерії вибору стратегічного зв'язку Вам відомі?
35. Поясніть значення терміну «синтетичний еквівалент синтону». Приведіть формули синтетичних еквівалентів таких синтонів: $^+C=O$; $^-C=O$; ^+COOH ; ^-COOH .
36. Наведіть приклади C1–C5 синтонів, що часто використовуються при плануванні сучасних органічних синтезів.
37. Назвіть основні загальні стратегії планування органічних синтезів. Сформулюйте правила, яких слід дотримуватися при виборі реакцій, що будуть використовуватися в багатостадійних синтезах органічних сполук.
38. Роль планування у синтезі. Синтетичне планування – від вихідних сполук до цільової структури на прикладі синтезу 2-бутанону з ацетилену.
39. Роль планування у синтезі. Ретросинтетичне планування – від цільової структури до вихідних речовин на прикладі синтезу 2-бутанону.
40. Запропонуйте метод синтезу 3,5-динітроаніліну, виходячи з толуєну.



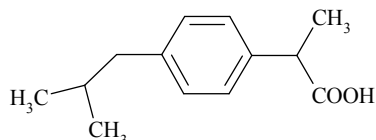
41. Використовуючи циклогексан, етанол і неорганічні реагенти, синтезуйте похідну циклопропану і дайте їй систематичну назву:



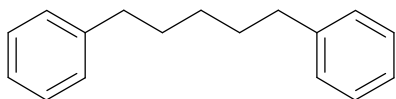
42. Складіть синтетичне дерево (проведіть ретросинтетичний аналіз) N-циклогексил-N-циклогексилметиламіну.



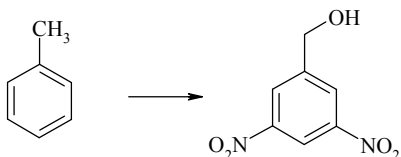
43. Проведіть ретросинтетичний аналіз для одержання лікарського препарату «Бруфен»



44. Складіть синтетичне дерево 1,5-дифенілпентану



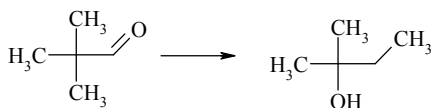
45. Запропонуйте шлях синтезу 3,5-динітробензилового спирту з толуєну і неорганічних реактивів



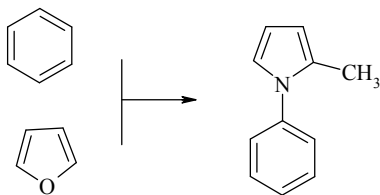
46. Синтезуйте тетрагідрофуран з формальдегіду і ацетилену та неорганічних реактивів



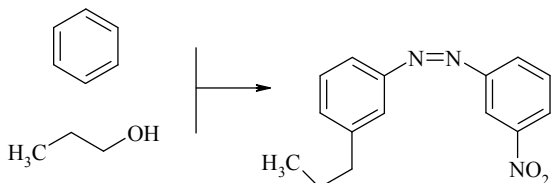
47. За допомогою неорганічних реактивів перетворіть півалиновий альдегід у 2-метил-2-бутанол



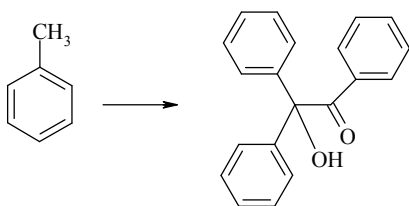
48. Виходячи з бензену, фурану та неорганічних реактивів одержать 2-метил-1-фенілпірол



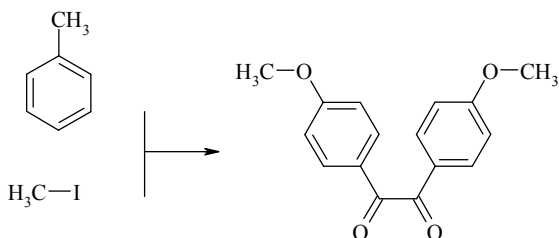
49. Одержати 3-нітро-3'-пропілазобензен з бензену, 1-пропанолу і неорганічних реактивів



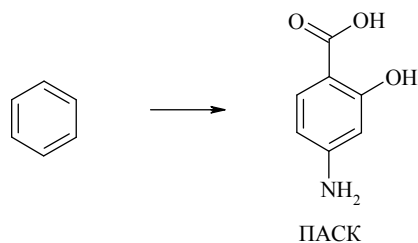
50. З толуєну і неорганічних реактивів одержати бензоїлдіфенілкарбінол



51. З толуєну, йодометану і неорганічних реактивів одержати 4,4'-диметоксибензил

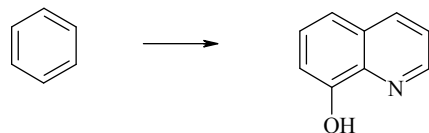


52. Опишіть спосіб синтезу протитуберкульозного препарату ПАСК, виходячи з бензену.

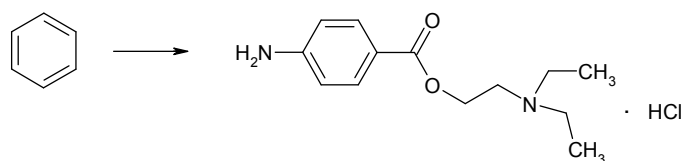


53. Виходячи з бензену синтезуйте аспірин.

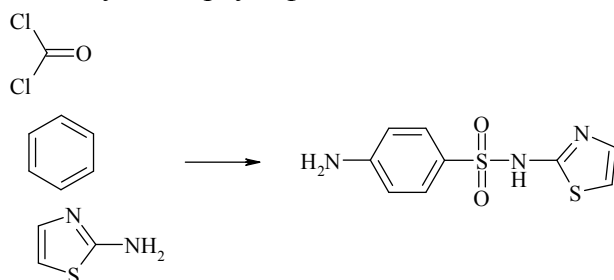
54. Синтезуйте аналітичний реагент 8-гідроксихінолін



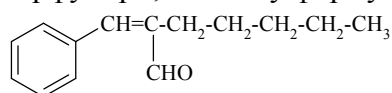
55. Синтезуйте новокаїн.



56. Синтезуйте норсульфазол із наведених нижче вихідних речовин

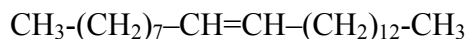


57. Жасмин-альдегід, запашна речовина із запахом жасмину, що використовується в парфумерії, має таку формулу:



Запропонуйте схему його отримання конденсацією відповідних карбонільних сполук (одним з яких є бензальдегід). Які умови та механізм лежать в основі синтезу.

58. З використанням реакції Віттіга отримайте статевий аттрактант домашньої мухи – мускалур:



59. Виходячи з аніліну отримати *n*-нітробензойну кислоту, *n*-дихлоробензен.

60. Виходячи з толуену отримати *m*-броманілін, *n*-толуїлову кислоту, флороглюцин.

61. Виходячи з бензену отримати *n*-аміноацетанлід, *o*-нітроанілін, *n*-хлоройодобензен, дифенілкетон, фенілглюксаль.

62. Виходячи з етанолу синтезувати пропаналь, 3-пентанон, ацетон, 2-бромобутан, пентаеритрит.

63. Виходячи з оцтової кислоти отримати лимонну та малонову кислоти.

64. Із пропілену, застосовуючи доступні органічні розчинники і неорганічні реактиви, отримайте: а) аліловий спирт; б) *n*-масляну кислоту; в) ізопропілідид; г) 2-нітропропан; д) ізопропілнітрит. Напишіть схеми реакцій.

65. Із етанолу і неорганічних реагентів отримайте: а) малоновий естер; б) етиловий естер α -бромпропіонової кислоти. Напишіть рівняння відповідних реакцій.
66. Не користуючись іншими органічними реагентами, крім етилового спирту, отримайте: а) β -гідроксипропіонову кислоту; б) діацетат етиленгліколю.
67. Із фенолу та етилового спирту отримайте, не застосовуючи інших органічних реагентів: а) фенетол (етиловий етер фенолу); б) 1,2-дифеноксидетан; в) феноксиоцтову кислоту.
68. Отримайте з толуену, не застосовуючи реакції окиснення: а) бензиловий спирт; б) бензальдегід; в) бензойну кислоту; г) пероксид бензоїлу.
69. Запропонуйте шляхи синтезу із *n*-ксилену 2,6-дихлоротолуену і 2-хлор-6-нітротолуену, із нафталену – 2-нафтол-3,6-дисульфокислоти, 1,8-нафталендіаміну та 3-нітрофталевої кислоти.
70. Запропонуйте шлях синтезу N,N-діетилетилендіаміну, виходячи з етанолу та інших доступних реактивів.

Зарахування результатів неформальної освіти

Відповідно до «Положення про взаємодію формальної та неформальної освіти, визнання результатів навчання (здобутих шляхом неформальної та / або інформальної освіти, у системі формальної освіти) ЧНУ» https://drive.google.com/file/d/1O7Chn1UqlqjW_JjybxDr-syswxxHuGOn/view у процесі вивчення дисципліни здобувачу освіти може бути зараховано до 25 % балів, отриманих за результатами неформальної та/або інформальної освіти з проблем, які відповідають тематиці курсу.

Рекомендована література

Основна

1. Григоренко О.О., Шабликін О.В. Сучасні методи органічного синтезу. К.: Наш формат, 2021. 568 с.
2. Комаров І.В., Корнілов М.Ю. Сучасні методи органічного синтезу. – К.: Вид.-полігр. Центр «Київ. ун-т». 2001. 72 с.
3. Шкумат А.П. Основи синтезу органічних речовин і створення матеріалів. Лабораторний практикум вибіркового курсу: навч. посібник. Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2008. 312 с.
4. Горічко М.В., Пивоваренко В.Г. Органічна хімія. Реакції карбонільних сполук. К.: ВПЦ «Київський університет», 2012. 352 с.
5. Лозинський М., Ковтуненко В. Карбаніони: синтез та алкілювання. К.: Трео-Плюс, 2008. 626 с.
6. Carey F. A. Advanced Organic Chemistry / F. A. Carey, R. J. Sundberg. 4th ed. New York, NY : Springer, 2000.
7. Comprehensive Organic Synthesis. P. Knochel, G. A. Molander, Eds. 2nd ed. Elsevier, 2000. 9806 p.
8. Corey E. J. The Logic of Chemical Synthesis / E. J. Corey, X.-M. Cheng. 1st ed., Kindle ed. Wiley-Interscience, 2009. 464 p.
9. Organic Synthesis. Workbook / J.-A. Gewert, J. Görlitzer, S. Götze et al. Wiley-VCH, 1995. 286 p.
10. Organic Synthesis. Workbook II / C. Bittner, A. S. Busemann, U. Griesbach et al. Wiley-VCH, 2001. 294 p.
11. Organic Synthesis. Workbook III / T. Kinzel, F. Major, C. Raith et al. Wiley-VCH, 2007. 300 p.

Додаткова (допоміжна)

1. Ведута В.В. Методи органічного синтезу. Курс лекцій. Частина 1. Методи утворення зв'язків С-Н, С-О, С-галоген” (методичний посібник для студентів хімічного факультету). Одеса: Удача, 2011. 83 с.
2. Швайка О. Методи синтезу органічних речовин: підруч. / О. Швайка, М. Короткіх. Вінниця: ДонНУ, 2017. 296 с.

Інформаційні ресурси

План, зміст та основний матеріал лабораторних занять, а також методичні вказівки до самостійної роботи викладені на сайті дистанційної освіти ЧНУ (кафедра хімії та експертизи харчової продукції).

1. Organic Chemistry Reference Lectures [Електронний ресурс] // Haverford College. – Режим доступу: <https://www.haverford.edu/wintnerorganicchem> .
2. Neuman, R. Organic Chemistry Textbook [Електронний ресурс] / Robert Neuman. – Режим доступу: <http://chem.ucr.edu/curriculummaterials/neumantextbook.html> .
3. Virtual Textbook of Organic Chemistry [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www2.chemistry.msu.edu/faculty/reusch/virttxtjml/intro1.htm> .
4. <http://www.orgsyn.org/> (Дата звернення 01.09.2025)

Політика академічної доброчесності

Дотримання політики щодо академічної доброчесності учасниками освітнього процесу при вивченні навчальної дисципліни «Стратегія і тактика органічного синтезу» регламентовано такими документами:

«Етичний кодекс Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича»
<https://www.chnu.edu.ua/media/jxdfs0zb/etychnyi-kodeks-chernivetskoho-natsionalnoho-universytetu.pdf>;

«Положенням Про виявлення та запобігання академічному плагіату у Чернівецькому національному університету імені Юрія Федьковича»
<https://www.chnu.edu.ua/universytet/normatyvni-dokumenty/polozhennia-pro-vyavlennia-ta-zapobihannia-akademichnomu-plahiatu/>