

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

**КАФЕДРА ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ**

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС**

**З ДИСЦИПЛІНИ**

**СУЧАСНИЙ ОРГАНІЧНИЙ СИНТЕЗ**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ бакалавр \_\_\_\_\_  
галузь знань \_\_\_\_\_ 10 Природничі науки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
спеціальність \_\_\_\_\_ 102 Хімія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
освітня програма \_\_\_\_\_ освітньо-професійна програма «Хімія» \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
спеціалізація \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
вид дисципліни \_\_\_\_\_ за вибором \_\_\_\_\_  
(обов'язкова / за вибором)  
факультет \_\_\_\_\_ хімічний \_\_\_\_\_

2023/ 2024 навчальний рік

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Кафедра хімічного матеріалознавства  
Кафедра органічної хімії



Робоча програма навчальної дисципліни

СУЧАСНИЙ ОРГАНІЧНИЙ СИНТЕЗ

рівень вищої освіти	<u>бакалавр</u>
галузь знань	<u>10 Природничі науки</u>
напрямок підготовки	<u>102 Хімія</u>
освітня програма	<u>освітня-професійна програма "Хімія"</u>
вид дисципліни	<u>за вибором</u>
факультет	<u>хімічний</u>

2023/2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою хімічного факультету “22” червня 2022 року, протокол № 4

**РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:**


Анатолій ШКУМАТ, канд. хімічних наук, доцент кафедри хімічного матеріалознавства;

Максим КОЛОСОВ, канд. хімічних наук, доцент кафедри органічної хімії

Програму схвалено на засіданні кафедри хімічного матеріалознавства

Протокол № 16 від “20” червня 2022 року


Завідувач кафедри хімічного матеріалознавства

  
\_\_\_\_\_ Олександр КОРОБОВ  
(підпис)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри органічної хімії

Протокол № 8 від “28” травня 2022 року

Завідувач кафедри органічної хімії

  
\_\_\_\_\_ Андрій ДОРОШЕНКО  
(підпис)

Програму погоджено гарантом освітньо-професійної програми (керівником проектної групи) першого (бакалаврського) рівня «Хімія»


Гарант освітньо-професійної програми (керівником проектної групи) першого (бакалаврського) рівня «Хімія»

  
\_\_\_\_\_ Олег КАЛУГІН  
(підпис)

Програму погоджено методичною комісією хімічного факультету

Протокол № 10 від “21” червня 2022 року

Голова методичної комісії хімічного факультету

  
\_\_\_\_\_ Павло ЄФІМОВ  
(підпис)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Сучасний органічний синтез» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра спеціальності 102 хімія

### *1. Опис навчальної дисципліни*

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

1.1 Метою викладання навчальної дисципліни є сформувати чіткі уявлення щодо стратегії і тактики сучасного органічного синтезу, освоїти теоретичні основи органічної хімії та принципи використання фізичних методів дослідження для створення якісного протікання хімічних процесів; навчити студентів виявляти відповідність між структурою речовини, її фізико-хімічними властивостями, реакційною здатністю та методами її синтезу; надати студентам теоретичні знання та навички складних хімічних експериментів під час препаративного синтезу органічних речовин та одержання цільових матеріалів. Сформувати уявлення про основні положення теорії планування експеримента.

Важливим є формування системи фундаментальних знань, що дозволяють майбутнім фахівцям використовувати на практиці отримані ними базові знання для планування багатостадійних синтезів, рішення синтетичних задач, розгляду описаних в літературі синтезів складних органічних сполук. Важливо надати студенту підґрунтя для наукового аналізу проблеми в його професійній області, що дозволить підготувати студента до участі в дослідженнях хімічних процесів, що проводяться в лабораторних умовах, виявленню загальних закономірностей їх протікання і можливості управління ними, сформувати чіткі уявлення щодо стратегії і тактики сучасного органічного синтезу на основі новітніх теоретичних основ органічної хімії. Метою також є навчити студентів виявляти відповідність між структурою речовини, її фізико-хімічними властивостями, реакційною здатністю та методами її синтезу.

**Метою вивчення** навчальної дисципліни «Сучасний органічний синтез» є освоєння технології сучасного препаративного органічного синтезу, яка базується на застосуванні новітніх уявлень з теоретичних основ органічної хімії, що дозволяє широко використовувати знання зі стратегії і тактики сучасного органічного синтезу. Під час вивчення курсу особлива увага приділяється вивченню основних тенденцій створення нових органічних матеріалів, ознайомленню студентів з проблемами сучасного органічного синтезу, із загальними принципами, із стратегією і тактикою органічного синтезу, основними закономірностями складання плану синтезу органічної сполуки, що відноситься до будь-якого класу (чи поліфункціональної), має будову досить високої міри складності, формуванню навичок складних хімічних експериментів та специфічних прийомів синтетичної органічної хімії для комплексного їх використання під час препаративного синтезу органічних речовин різних класів та одержання цільових матеріалів. В курсі розглядаються особливості синтезу основних класів органічних сполук, реакції яких протікають з утворенням нових С-С, С-N, С-O зв'язків, механізми хімічних взаємодій, даються основні навички виконання органічного синтезу, очистки речовин, аналітичного дослідження цільових продуктів. Важливим є також глибоке вивчення основ сучасного промислового синтезу важливих для людства органічних матеріалів.

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основним завданням вивчення дисципліни є поглиблене вивчення теоретичних і методологічних основ органічної хімії, специфічних прийомів синтетичної органічної хімії для комплексного їх використання під час одержання органічних речовин різних класів, які реально використовуються в найрізноманітніших сферах діяльності людей, формування практичних навичок і вмінь для планування і проведення складних хімічних

експериментів, формування і розвиток цілісного уявлення про методи синтезу органічних сполук.

#### 1.2.1. Формування наступних загальних компетентностей:

1. Знання та розуміння предметної області та власної професійної діяльності.
2. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК1).
3. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК2).
4. Здатність працювати у команді (ЗК3).
5. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації (ЗК4).
6. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК5).
7. Здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК6).
8. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності) (ЗК7).
9. Здатність діяти на основі етичних міркувань (мотивів) (ЗК8).
10. Прагнення до збереження навколишнього середовища (ЗК9).
11. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК10).
12. Здатність бути критичним і самокритичним (ЗК11).
13. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні (ЗК12).

#### 1.2.2. Формування наступних фахових компетентностей:

1. Здатність застосовувати знання і розуміння інших природничих наук та математики для вирішення якісних та кількісних проблем в хімії (ФК1).
2. Здатність розпізнавати і аналізувати проблеми, застосовувати обґрунтовані методи вирішення проблем, приймати обґрунтовані рішення в області хімії (ФК2).
3. Здатність до використання спеціального програмного забезпечення та моделювання в хімії (ФК4).
4. Здатність оцінювати ризики (ФК6).
5. Здатність здійснювати типові хімічні лабораторні дослідження та використовувати стандартне хімічне обладнання (ФК7, ФК8).
6. Здатність до опанування нових областей хімії шляхом самостійного вивчення (ФК10).
7. Здатність формулювати етичні та соціальні проблеми, які стоять перед хімією, та здатність застосовувати етичні стандарти досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (академічна доброчесність) (ФК11).
8. Здатність використовувати основні поняття хімії, основні закони хімії, загальні закономірності перебігу хімічних реакцій, теорію будови атома, теорії хімічних зв'язків, вчення про розчини, загальні відомості про хімічні елементи та їх сполуки у вирішенні конкретних задач хімії відповідно до сучасних потреб (ФК14).
9. Здатність до роботи у синтетичній органічній лабораторії, вміння коректно інтерпретувати результати фізико-хімічних досліджень органічних сполук (ФК18).
10. Здатність до розуміння вимог охорони праці та дотримання їх під час праці у лабораторних та промислових умовах (ФК27).
11. Здатність розуміння актуальних проблем сучасної теоретичної і експериментальної органічної хімії (ФК33).
12. Здатність використовувати ретросинтетичний підхід при розробці методів синтезу активних фармацевтичних інгредієнтів (субстанцій) та передбачати ті хімічні властивості сполук, які можуть бути використані для аналізу їх якості (ідентифікації та кількісного визначення) (ФК35).
13. Здатність користуватись сучасним експериментальним обладнанням, яке може бути застосовано для дослідження молекул, речовин, хімічних процесів та явищ (ФК36).

1.3. Кількість кредитів - 9

1.4. Загальна кількість годин – 270

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Рік підготовки	
4-й	4-й
Семестр	
8-й	8-й
Лекції	
32 год.	12 год.
Практичні, семінарські заняття	
-	-
Лабораторні заняття	
64 год.	12 год.
Самостійна робота	
174 год.	246 год.

1.6. Заплановані результати навчання

**Загальнокультурні і професійні компетенції бакалавра, сформовані в результаті освоєння дисципліни "Сучасний органічний синтез":**

**P01.** Розуміти ключові хімічні поняття, основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються природничих наук та наук про життя і землю, а також хімічних технологій на рівні, достатньому для їх застосування у професійній діяльності та для забезпечення можливості в подальшому глибоко розуміти спеціалізовані області хімії.

**P03.** Описувати хімічні дані у символічному вигляді.

**P04.** Розуміти основні закономірності та типи хімічних реакцій та їх характеристики.

**P05.** Розуміти зв'язок між будовою та властивостями речовин.

**P07.** Застосовувати основні принципи квантової механіки для опису будови атома, молекул та хімічного зв'язку.

**P08.** Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.

**P09.** Планувати та виконувати хімічний експеримент, застосовувати придатні методики та техніки приготування розчинів та реагентів.

**P11.** Описувати властивості аліфатичних, ароматичних, гетероциклічних та органометалічних сполук, пояснювати природу та поведінку функціональних груп в органічних молекулах.

**P12.** Знати основні шляхи синтезу в органічній хімії, включаючи функціональні групові взаємоперетворення та формування зв'язку карбон-карбон, карбон-гетероатом.

**P14.** Здійснювати експериментальну роботу з метою перевірки гіпотез та дослідження хімічних явищ і закономірностей.

**P17.** Працювати самостійно або в групі, отримати результат у межах обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та наукову добросесність.

**P18.** Демонструвати знання та розуміння основних фактів, концепцій, принципів та теорій з хімії.

**P21.** Здійснювати моніторинг та аналіз наукових джерел інформації та фахової літератури.

**P25.** Оцінювати та мінімізувати ризики для навколишнього середовища при здійсненні професійної діяльності.

**P32.** Знати: методи синтезу та взаємоперетворень органічних сполук основних класів, механізми найважливіших процесів та теоретичні основи органічної хімії. Вміти: використовувати комплекс експериментальних методів для синтезу та вдосконалення структури нових сполук з певним набором властивостей, що обумовлюють їх практичне значення.

**P41.** Знати: зміст основних законів та підзаконних актів, що регулюють правові та організаційні питання охорони праці в Україні; вимоги охорони праці при роботі з хімічними речовинами та приладами; Вміти: працювати з дотриманням вимог нормативних документів з охорони праці.

**P47.** Знати: методологію проведення синтезу і дослідження в області органічної хімії; Вміти: планувати стратегію рішення поставлених завдань, скласти план синтезу органічної сполуки.

## **2. Тематичний план навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Теоретичні основи реакційної здатності органічних сполук.**

#### **Тема 1. Хімічний зв'язок та будова органічних сполук.**

Сучасний погляд на природу хімічного зв'язку. Електронні уяви про будову зв'язку. Теорія електронних зміщень та ефектів. Прояв характеристичності та адитивності властивостей атомів і зв'язків. Основні положення квантової хімії. Співвідношення класичної та квантової хімії. Поняття спряження в класичній та квантовій хімії. Ароматичність та антиароматичність.

#### **Тема 2. Стереохімія.**

Конформація, обертання навколо зв'язків різних типів, номенклатура конформерів. Конформаційна поведінка різних класів сполук. Взаємозв'язок конформації та реакційної здатності. Енантіомерія. Поняття конфігурації. Асиметрія (хіральність) молекули. Діастереомерія.

#### **Тема 3. Загальна теорія реакцій органічних сполук.**

Загальні принципи реакційної здатності. Класифікація реакцій. Теорія перехідного стану. Кінетичний та термодинамічний контроль. Статичний підхід до проблеми реакційної здатності. Емпіричний підхід до реакційної здатності: кореляційні рівняння, принцип лінійності вільних енергій. Кислоти та основи – існуючі теорії. Сольватація. Основні типи проміжних часток, їх генерація, будова та фактори, що впливають на стабільність.

Використання каталізу в органічному синтезі. Загальний механізм каталітичного циклу. Каталітично-активні комплекси металлов. Приклади механізмів реакцій, щокаталізуються комплексами металів: гідрування, гідрокарбонілювання, карбонілювання; окиснення і метатезис олефінів, ізомеризація, олігомеризація та полімеризація олефінів. Багатоелектронні процеси й каталіз кластерами. Приклади найбільш важливих реакцій. Типічні реакції кросс-сполучення. Каталітичне утворення зв'язків карбон-гетероатом. Гідроформілювання олефінів.

### **Розділ 2. Стратегія побудови вуглецевого скелету органічних молекул**

#### **Тема 1 Принципи сучасного органічного синтезу**

Принципи сучасного органічного синтезу і встановлення будови органічних сполук. Стратегія органічного синтезу. Синтез за літературними даними, синтез за аналогією. Планування ланцюга перетворень, оптимізація плану синтезу. Типи вуглецевих скелетів і основні шляхи їх побудови. Методи активації реакційних центрів. Моделювання перехідного стану.

Класифікація реагентів і реакцій. Однореакторні синтези, «доміно»-реакції, темплатний синтез, ізогіпсичені та неізогіпсичні, паралельні та послідовні реакції, молекулярний дизайн.

## **Тема 2. Принципи утворення зв'язку Карбон–Карбон**

Ретросинтетичний аналіз: цільова молекула, трансформ, синтон, ретрон. Ретросинтетичний аналіз як евристичний підхід в пошуку шляху синтезу органічної сполуки. Типи стратегій в ретросинтетичному аналізі. Стратегії, що базуються на трансформах, на ретронах, на функціональних групах; топологічних і стереохімічних стратегій.

Синтони як фрагменти молекул (радикальні та йонні). Синтетичні еквіваленти синтонів. Електрофільні частинки (алкілюючі реагенти, карбонільні сполуки, електрофільні Нітроген-Карбонові реагенти, алкени, карбени) у реакціях з нуклеофілами. Нуклеофільні частинки (реактиви Гриньяра та інші металорганічні реагенти, стабілізовані карбаніони, алкени, арени та гетарени).

Реакція Дільса-Альдера як одна із найважливіших реакцій ([4+2]- циклоприєднання) для створення шестичленного цикла. Стереохімія реакції, ендо-правило. Регіоселективність циклоприєднання у випадку несиметричних дієнів і дієнофілів. Регіоселективність гетерореакції. Енантіоселективний варіант реакції Дільса-Альдера.

## **Тема 3. Синтетичні методи побудови карбонового скелету молекул**

Утворення зв'язків Карбон – Карбон в реакціях з металорганічними сполуками – реактивами Гриньяра, літій-, цинк-, кадмій та мідьорганічними сполуками; в реакціях з нуклеофілами, утвореними з алкінів–1.

Утворення зв'язків Карбон–Карбон з використанням стабілізованих карбаніонів (стабілізованих однією або двома /-M/ групами) – алкілювання, ацилювання. Конденсації, самоконденсації альдегідів та кетонів, реакцією Міхаєля; стабілізованих сусідніми атомами фосфору або сірки або двома атомами сірки; алкенів, аренів та гетероаренів як нуклеофілів.

Класичні методи синтезу алканів, циклоалканів та аренів – відновлення альдегідів, кетонів, гідроксипохідних, галогенідів, третичних амінів та четвертичних солей амонію, алкенів, аренів, хінонів, тіоспиртів та сульфідів, солей діазонію, алкоголятів, вуглеводнів; перетворенням металорганічних сполук – їх гідролізом, конденсацією з галогеналканами, конденсацією по Ульману; нуклеофільними реакціями із алкенів, алкенів та карбаніонів, альдолів, аренів та карбаніонів; алкілюванням по Фріделю-Крафтсу і спорідненими реакціями; дегідруванням гідроароматних вуглеводнів; декарбоксілюванням кислот, адуктів з малеїновим ангідридом; використанням вільно-радикальних реакцій – реакцією Гомберга-Бахмана, виходячи із перекисних сполук, фотохімічними перетвореннями арильо-дидів, олефінів, карбонових кислот, фотолізом діазоалканів, реакцією Кольбе.

Перегрупування органічних молекул із збереженням карбонового скелету, перегрупування з побудовою карбонового скелету, перегрупування з розщепленням карбонового скелету, перегрупування з перебудовою карбонового скелету.

## **Розділ 3. Одержання і перетворення функціональних груп**

### **Тема 1. Класичні методи введення функціональних груп**

Класичні методи введення функціональних груп – безпосереднє хлорування, бромовання аренів, карбонових кислот, альдегідів та кетонів, фенолів та амінів, йодування; нітрування (азотною кислотою, сумішшю азотної та сульфатної кислот, нітратів лужних металів в присутності концентрованої сульфатної кислоти, з допомогою інших нітруючих агентів – сумішей нітратів з оцтовою кислотою та оцтовим ангідридом, сумішами азотної кислоти з оцтовим ангідридом або оцтовою кислотою, ефірами азотної кислоти, азотистою кислотою та чотирьохоксидом азоту), нітрузування; сульфування (ароматичних сполук сульфатною кислотою, хлорсульфоною кислотою, сірчанним ангідридом, олеумом; сульфування похідних нафталіну – нафтолів та нафтіламінів у



виробництві барвників; сульфування гетероциклічних сполук; сульфування насичених аліфатичних сполук сірчанним ангідридом, хлористим сульфурилом, сумішшю оксида сульфуру (ІУ) та хлору; алкілювання та ацилювання (реакція Фріделя-Крафтца, реакція Гетермана-Коха, перегрупування Фріса, алкілювання спиртами у присутності сульфатної кислоти); хлорметилування; введення альдегідної групи (реакція Реймана-Тімана, реакція Вільсмайера, окисленням та ін.); карбоксилювання фенолів; одержання етерів та естерів; алкілювання та ацилювання амінів; безпосереднє введення аміногрупи в піридин за реакцією Чичибабіна; ціанацетилювання; реакції конденсації (кротонова, Перкіна, Кньовенагеля, Кньовенагеля-Дьобнера, Клайзена, бензоїнова); заміщення гідроксильної та аміногрупи на галоїди; діазотування та деякі реакції діазосполук – заміщення, відновлення та азосполучення; відновлення та каталітичне гідрування – амальгамою натрію, натрієм та спиртом, оловом та хлористим оловом, залізом та сульфатом заліза(ІІ), цинком, сульфітами натрію та амонію, гідросульфідом натрію, йодистим воднем, амальгамою цинку (за Клеменсенем), воднем в присутності каталізаторів - нікелю, платини, паладію та ін.; окислення перманганатом, хромовим ангідридом, хромовою сумішшю, азотною кислотою, гіпохлоридами, хлоратами, персульфатами, надкислотами, сполуками свинцю (ІV) та ін.

## **Тема 2. Трансформація функціональних груп**

Заміна функціональних груп унаслідок реакцій обміну, заміщення, гідролізу та приєднання.

## **Розділ 4. Особливі методи синтезу органічних сполук**

### **Тема 1 Методи введення захисних груп.**

Захисні групи в органічному синтезі: захист спиртів, діолів, тіолів, карбонових кислот, аміногруп, карбонільних сполук – задачі та стратегія.

### **Тема 2 Електрохімія органічних сполук**

Електрохімічні реакції – катодне відновлення вуглеводнів, алкіл- та арилгалогенідів, нітросполук, оксосполук, карбонових кислот та їх похідних, анодне окислення амінів, оксо- та гідроксисполук, анодне заміщення з утворенням зв'язків Карбон–Оксиген, Карбон–Сульфур, Карбон–Нітроген, Карбон–Галоген, електроліз гетероциклічних сполук. Практичні питання електролізу: матеріали, розчинники, електроліти та ін.

### **Тема 3 Хімічні реакції в акустичних полях**

Енергетика та кінетика ультразвукових хімічних реакцій. Звукохімія водних розчинів. Соноліз розчинів хлороцтової кислоти, стереоізомеризація етилен-1,2-дикарбонової кислоти.

### **Тема 4. Хімічні реакції в умовах мікрохвильової активації**

Особливості протікання реакцій в умовах мікрохвильової активації. Енергетика та кінетика реакцій: альдольно-кротонової конденсації, гетероциклізації тощо.

### **Тема 5. Краун-ефіри в органічному синтезу**

Макрогетероциклічні органічні сполуки, які містять у своїх циклах понад 11 атомів, з яких не менше чотирьох — гетероатомів, що зв'язані між собою етиленовими містками. Бензокраун-, циклогексакраун-етери та етери, що містять в гетероциклі атоми Фосфору, Силіцію, Арсену, амідні, естерні та інші функціональні групи. Номенклатура краун-ефірів. Специфічні методи отримання краун-ефірів, їх властивості та застосування, зокрема, в органічному синтезі.

## **Розділ 5. Хемо-, регіо- та стереоселективні реакції. Синтез аналогів природних сполук та біологічно активних сполук**

Хемоселективність реагента. Реакції регіоселективні та регіоспецифічні. Стереоселективні та стереоспецифічні реакції. Енантіо- та диастереоселективні реакції.

Використання хіральних каталізаторів. Органічний і металокомплексний асиметричний синтез.

Створення імітаторів ензимів (мім-ензимів) - біокаталізаторів органічних реакцій високоспецифічної дії. Каталітичні антитіла. Синтезування сполук із заданою просторовою будовою. Новітні напрями в органічній хімії. Молекулярне розпізнавання, штучні сенсори. Самозбірка, реплікація органічних молекул.

## **Розділ 6. Синтез органічних барвників, люмінофорів**

Ароматичні вуглеводні і їх похідні: поліфенільні вуглеводні (лінійно анельовані); вуглеводні з конденсованими ароматичними ядрами; вуглеводні з арилетиленовим і арилацетиленовим угрупованнями.

Сполуки, що містять гетероцикли: похідні п'ятичленних гетероциклів; похідні шестичленних гетероциклів.

Сполуки з карбонільною групою. Сполуки з двома і більше флуорофорами. Комплекси металів з органічними лігандами.

Хімічна класифікація барвників (нітробарвники, нітрозобарвники, азобарвники, арилметанові барвники, ариламинові барвники, сульфурвмісні барвники, індигоїдні барвники, барвники ряду антрахінону, кубові поліциклічні барвники, фталоціанінові барвники, поліметинові барвники, азометинові барвники). Синтез барвників та їх використання (барвники для натуральних волокон, барвники для хімічних волокон, барвники для нетекстильних цілей, харчові барвники тощо).

## **Розділ 7. Синтез поверхнево-активних речовин**

Аніонні (алкіларилсульфонати, карбоксиетоксилати, алкілсульфати, алкілфіросульфати, сульфосукцинати, фосфати та поліфосфати, мила) катіонні (кватернізовані аміни та гетероциклічні сполуки), нейоногенні (поліоксигетильовані алкілфеноли, карбонові кислоти, вищі спирти, аміді, сульфаміді, аміни та високомолекулярні сполуки, алкілглікозиди), амфолітні та цвіттер-йонні (природні лецитини, фосфоліпіди, ПАВ бетаїнового типу, цвіттер-йонні, сульфобетаїни тощо) та високомолекулярні ПАВ.

Проблеми синтезу ПАВ, що біодоступні для розкладання.

Харчові ПАВ – емульгатори.

## **Розділ 8. Синтетична органічна хімія під час виробництва та переробки жирів**

Виробництво та основні напрями використання жирів. Харчова промисловість: нерафіновані жири; рафіновані жири; гідрогенізовані жири.

Виробництво поверхнево-активних речовини на основі переробки жирів: мило, косметичні вироби, емульгатори для харчової промисловості.

Фармацевтична промисловість. Виробництво лакофарбних матеріалів. Виробництво біодизеля. Виробництво мастильних матеріалів.

## **Розділ 9. Лабораторний практикум**

### **Програма лабораторного спецпрактикуму**

#### **Тема 1. Пошук інформації про органічні сполуки і реакції**

(Основні джерела інформації. Стратегія пошуку хімічної інформації. Інформаційні служби і банки даних. Алгоритми роботи у базах даних хімічної інформації.)

#### **Тема 2. Організація роботи в хімічній лабораторії з органічного синтезу**

Планування, підготовка і проведення хімічних реакцій. Лабораторні прилади й устаткування. Техніка безпеки в лабораторії.

#### **Тема 3. Базові засади полумікро- і мікросинтезу органічних сполук.**

#### **Тема 4. Елементний та функціональний аналіз органічних сполук.**

#### **Тема 5. Методи функціоналізації органічних сполук:**

- ацилювання;

- формілювання;
- відновлення;
- галогенування;
- конденсації та гідроліз;
- нітрування;
- окислення;
- сульфування

**Тема 6. Синтези люмінофорів**

**Тема 7. Синтези органічних барвників**

**Тема 8. Синтези фармацевтичних препаратів**

**Тема 9. Захисні групи в органічному синтезі**

**Тема 10. Синтез ПАВ**

**Тема 11. Синтез полімерних матеріалів**

(Із вказаних робіт кожен студент за вибором викладача виконує **не менше 15** практичних робіт різного ступеня складності на кафедрі хімічного матеріалознавства та на кафедрі органічної хімії).

### 3. Структура навчальної дисципліни

1	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<b>Лекції – Розділи 1 – 8</b>												
Розділ 1.	6	2				4	12	2				10
Розділ 2.	30	10				20	12	2				10
Розділ 3.	30	10				20	12	2				10
Розділ 4.	7	2				5	6	1				5
Розділ 5.	7	2				5	12	2				10
Розділ 6.	3	1				2	11	1				10
Розділ 7.	6	3				3	11	1				10
Розділ 8	7	2				5	6	1				5
Разом розділи 1-8	96	32				64	82	12				70

<b>Розділ 9. Лабораторний практикум</b>												
Тема	Усього	л	п	лаб	інд	ср	Усього	л	п	лаб	інд	ср
Тема 1.	4			4			6					6
Тема 2.	40			20		20	20					20
Тема 3.	14			4		10	20					20
Тема 4.	14			4		10	20					20
Тема 5.	18			8		10	38			8		30
Тема 6.	22			12		10	12			2		10
Тема 7.	18			8		10	10					10
Тема 8.	14			4		10	10					10
Тема 9.	10					10	20					20
Тема 10.	10					10	22			2		20
Тема 11.	10					10	10					10
Разом за розділом 9	174			64		110	188			12		176
<b>Усього годин</b>	<b>270</b>	<b>32</b>		<b>64</b>		<b>174</b>	<b>270</b>		<b>12</b>	<b>12</b>		<b>246</b>

Проведення лекцій може відбуватися у дистанційному режимі за допомогою платформ ZOOM або Google Meet.

#### 4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Тема 1-4. Хімічне лабораторне устаткування, прилади, загальні і спеціальні прийоми роботи в лабораторіях органічного синтезу	4	
2	Тема 5. Методи функціоналізації органічних сполук: ацилювання, галогенування, нітрування, сульфування, окиснення, відновлення, конденсації, гідроліз та інші.	20	8
3	Тема 6. Синтези люмінофорів	4	2
4	Тема 7. Синтези органічних барвників	4	
5	Тема 8. Синтези фармацевтичних препаратів	8	
6	Тема 9. Захисні групи в органічному синтезі	12	
7	Тема 10. Синтез ПАВ	8	2
8	Тема 11. Синтез полімерних матеріалів	4	
	Разом	<b>64</b>	<b>12</b>

#### 5. Самостійна робота

Назва теми	Денна форма	Заочна форма
<b>Лекції</b>		
опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до короткотермінових контрольних робіт, підготовка до відповідей за визначеними викладачем темами		
Розділ 1.	4	10
Розділ 2.	20	10
Розділ 3.	20	10
Розділ 4.	5	5
Розділ 5.	5	10
Розділ 6.	2	10
Розділ 7.	3	10
Розділ 8.	5	5
Разом розділи 1-8	64	70
<b>Лабораторний практикум</b>		
підготовка до виконання робіт, покрокове планування виконання синтетичних методик, засвоєння правил безпеки, яких треба дотримуватись при виконанні конкретних лабораторних робіт		
Тема 1.		6
Тема 2.	20	20
Тема 3.	10	20
Тема 4.	10	20
Тема 5.	10	30
Тема 6.	10	10
Тема 7.	10	10
Тема 8.	10	10
Тема 9.	10	20
Тема 10.	10	20
Тема 11.	10	10
Разом за розділом 9	110	176
<b>Усього годин</b>	<b>174</b>	<b>246</b>

## 6. Індивідуальне навчально - дослідне завдання

Не передбачено навчальним планом

### 8. Методи контролю

Поточний контроль **самостійної роботи** (підготовка до практичних занять за попередньо визначеною для кожного студента темою заняття) з метою встановлення у студентів рівня знань, необхідних для успішного і **безпечного** виконання лабораторної роботи здійснюється **в письмовій формі** (перед кожною лабораторною роботою); лабораторні роботи виконуються індивідуально і оцінюються в цілому, але з урахуванням підготовки синтезу, його проведення та якості отриманого продукту; **захист лабораторних робіт** включає оформлення звіту про виконання роботи (згідно умов практикуму), передачу одержаних матеріалів навчально-допоміжному персоналу.

По завершенню вивчення дисципліни складається **іспит** (в 8-му семестрі).

Форми контролю: поточні, рубіжні оцінювання, контрольна робота та іспит.

#### **Контроль вивчення курсу:**

А) Загальний поточний контроль знань здійснюється у формі короткотермінових (5 – 10 хвилин) письмових контрольних робіт за матеріалами поточних лекцій, який проводиться на лабораторних заняттях з метою активізації систематичної роботи студентів і перевірки готовності кожного студента до виконання завдань лабораторного практикуму.

Б) Контроль проходження практикуму здійснюється у формі письмової перевірки знання теоретичного матеріалу, перевірки знання порядку виконання дослідів, правил техніки безпеки, контролю за виконанням роботи та перевірки оформлення звітів в лабораторному журналі.

В) Умовою допуску до іспиту є виконання і захист усіх лабораторних робіт, успішне проходження лабораторного практикуму на кафедрі хімічного матеріалознавства та кафедрі органічної хімії.

Г) **Рубіжний контроль № 1** - дві тестова контрольна робота тривалістю по 25 хвилин за лекційними матеріалами частин робочої програми, які студенти пишуть після вивчення її в лекційному курсі.

**Рубіжний контроль № 2** - на основі підведення підсумку виконання відповідних практичних робіт на лабораторному практикуму.

Д) Екзаменаційна оцінка виставляється на підставі всіх елементів контролю та письмового іспиту за матеріалами наведеної програми.

**Критерій оцінювання:** Оцінка **“відмінно”** (рівень **A - 90 – 100 балів**) - студент вільно володіє матеріалом відповідно до наведеної програми і може творчо використовувати свої знання.

Оцінка **“добре”**(рівень **B – 80 – 89 балів**, рівень **C – 70 – 79 балів**)- студент має теоретичні знання відповідно до програми, але практичні питання нерідко вирішує помилково.

Оцінка **“задовільно”** (рівень **D – 60 – 69 балів**, рівень **E – 50 – 59 балів**) – студент освоїв курс, але непереконливо відповідає, путає поняття, додаткові питання викликають невпевненість або відсутність стабільних знань, відповідаючи на питання практичного характеру, виявляє неточності у знаннях, не вміє оцінювати факти та явища тощо.

Оцінка **“незадовільно”** (рівень **F – студент не опанував навчальний матеріал дисципліни, не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в рекомендованій літературі, відсутні наукове мислення, практичні навички не сформовані та отримав менше ніж 50 балів**).

## Елементи оцінювання:

### Рубіжний контроль № 1 (за лекціями):

Тестова контрольна № 1 – 4 бали

Тестова контрольна № 2 – 4 бали

### Рубіжний контроль № 2(за лабораторним спецпрактикумом)

- 52 балів

#### **Враховуються лабораторні роботи за темами:**

1. Методи функціоналізації органічних сполук: - 4 бали за кожну виконану роботу

1.1 ацилювання;

1.2 формілювання;

1.3 Відновлення;

1.4 галогенування;

1.5 конденсації та гідроліз;

1.6 нітрування;

1.5 окислення;

1.6 сульфування

2. Синтези люмінофорів - 4 балів за роботу

3. Синтези органічних барвників - 4 балів за роботу

4. Синтези фармацевтичних препаратів - 4 балів за роботу

5. Захисні групи в органічному синтезі - 4 балів за роботу

6. Синтез ПАВ - 4 балів за роботу

8. Синтез полімерних матеріалів - 4 балів за роботу

(Із вказаних робіт кожен студент за вибором викладача виконує **не менше 13** практичних робіт різного ступеня складності під час проходження лабораторного практикуму на кафедрах хімічного матеріалознавства та органічної хімії).

#### **Критерії оцінювання за лабораторним спецпрактикумом (в рамках 4 балів за виконану лабораторну роботу):**

**1. Допуск до виконання всіх лабораторних робіт (письмове або усне опитування - обговорення особливостей варіантів методів синтезу органічних речовин). - 0,5 бала.**

**2. Враховують готовність до 15 лабораторних занять:** наявність спецодягу, своєчасну присутність на заняттях та наявність попередніх записів у лабораторному журналі, які виконані під час самостійної підготовки до заняття, виконання правил техніки безпеки та протипожежних правил, дисциплінованість тощо. - 0,5 бала.

При несумлінному ставленні до практичних занять:

- відсутність спецодягу

- запізнення більше 5 хв.

- відсутність лабораторного журналу

- серйозні порушення правил пожежної безпеки та безпечного проведення

органічного синтезу -

**студент відсторонюється від виконання даної роботи.**

**3. Якість виконання практичної частини лабораторної роботи:**

- підготовчі операції (підбір посуду, підготовка апаратури до роботи, підготовка реактивів тощо);

- проведення роботи відповідно до методики;

- виділення та очистка цільового продукту.

- 2 бала.

**4. Якість оформлення звіту про виконання роботи - лабораторного журналу (виконання практичної частини обов'язково візують працівники практикуму)**

- 1 бал

### Підсумкова таблиця рейтингового оцінювання

Види контролю якості навчання	Тестування (на лекціях)	Поточне оцінювання (на лабор. заняттях: Д+ПР+З+К+КР) <sup>#</sup>	Іспит	Сума балів
Контроль 1	8		-	8
Контроль 2	-	52	-	52
Іспит	-	-	40	40
Сума балів	8	52	40	<b>100</b>

<sup>#</sup> Д – поточний контроль на лабораторних заняттях; ПР – оцінювання якості виконання лабораторної роботи; З - оформлення лабораторних журналів; К – групове обговорення, КР – контрольна робота тощо.

**Залежно від загального підсумкового балу встановлюються такі критерії оцінювання за європейською системою оцінювання (ECTS) та національною системою оцінювання:**

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка для чотирирівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно
70-89	добре
50-69	задовільно
1-49	незадовільно

## 9. Рекомендована література

### Загальні питання

1. W. A. Smit, A. F. Bochkov, R. Caple. Organic Synthesis: The Science Behind the Art. RSC, 1998. – 477 p.
2. P. Laszlo. Logique de la synthese organique. у 2-х т. Ecole polytechnique, Departement de chimie. 1993.
3. J. T. Sharp, I. Gosney, A. G. Rowley. Practical Organic Chemistry. A student handbook of techniques. London, New York, Chapman and Hall, 1989. – 289 pp.
4. S. Warren. Designing Organic Syntheses: A Programmed Introduction to the Synthon Approach. Wiley, 1978. – 140 p.
5. J. Clayden, S. Warren, N. Greeves, P. Wothers. Organic Chemistry. Oxford University Press, 2000. – 1536 p.
6. K.C. Nicolaou, E. J. Sorensen. Classics in Total Synthesis: Targets, Strategies, Methods. VCH, 1996. У 2-х т.
7. A. L. Ternay, Jr. Contemporary Organic Chemistry. Second edition. Saunders Golden sunburst Series. W.B. Saunders. Philadelphia-London-Toronto, 1979.
8. N. D. Cheronis, T. S. Ma. Organic Functional Group Analysis by Micro and Semimicro Methods. Interscience Publishers. By John Wiley @ Sons, Ins 1964.
9. M. B. Smith. March's Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure, 8th Edition. 2019. –2374p.
10. M. M. Baizer Organic Electrochemistry. An Introduction and a Guide. 2nd ed., edited by Manuel M. Baizer, and Henning Lund, Marcel Dekker, New York, 1983, – 1166 pp.
11. J. E. Gordon The Organic Chemistry of Electrolyte Solutions, John Wiley and Sons, New York, London, Sydney, Toronto 1975, – 554pp.
12. J. R. Hanson. Protecting Groups in Organic Synthesis: Postgraduate Chemistry Series 1st Edition Wiley-Blackwell. 1999, – 144pp.
13. Protective Groups in Organic Chemistry/ D. R. M. Walton, J. W. Barton, C. B. Reese, E. Haslam, F. Eckstein, R. G. Hiskey, V. R. Rao, W. G. Rhodes, D. W. Young, H. J. E. Loewenthal, J. F. W. McOmie - Ed. J. F. W. McOmie. – 1973, – 418pp.

14. T. W. Greene, Peter G. M. Wuts. Protective Groups in Organic Synthesis, Third Edition Copyright © 1999 by John Wiley & Sons, Inc. – 748pp.
15. J. A. Joule, K. Mills. Heterocyclic Chemistry. Fifth Edition. A John Wiley & Sons, Ltd., Publication. 2010, – 665pp.
16. G. S. Zweifel, M. H. Nantz, P. Somfai. Modern Organic Synthesis: An Introduction, 2nd Edition. A John Wiley & Sons, Ltd., Publication. – 2017, – 416pp.
17. R. Panico, J. Weill- Raynal Mathieu, J.. Les Grandes réactions de la synthèse organique (Actualités scientifiques et industrielles) (French Edition) – Herman. 1975.
18. A. H. Haines. Methods for the oxidation of organic compounds: Alkanes, alkenes, alkynes, and arenes (Best synthetic methods). Academic Press, London. - 1985, – 388pp.
19. Methods for the Oxidation of Organic Compounds – Alcohols, Alcohol Derivatives, Alkyl Halides, Nitroalkanes, Alkyl Azides, Carbonyl Compounds, Hydroxyarenes and Aminoarenes. Herausgegeben von A. H. Haines. Academic Press, London 1988. XX, – 467pp.
20. C. A. Payne, L. B. Payne. How to do an Organic Synthesis. Allyn and Bacon, inc. Boston. 1969, – 152pp.
21. В. Ковтуненко. Загальна стереохімія. – Київ, Невтес, 2001. –340 с.
22. Й. Опейда, О. Швайка. Тлумачний термінологічний словник з органічної та фізико-органічної хімії. – Київ, Наукова думка, 1997. –532 с.
23. Шкумат А.П. Основи синтезу органічних речовин і створення матеріалів. Лабораторний практикум вибіркового курсу: Навч. Посібник...- Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2008. – 312с.

**Навчально-методичне забезпечення:**

- Програма курсу: програма лекцій, програма лабораторного спецпрактикуму; програма колоквиумів в лабораторному практикумі;
- Календарний план вивчення дисципліни;
- Підручники та монографії (в ЦНБ ХНУ) - обмежена кількість;
- Навчальний посібник кафедри хімічного матеріалознавства:

Шкумат А.П. Основи синтезу органічних речовин і створення матеріалів. Лабораторний практикум вибіркового курсу: Навч. Посібник...- Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2008. – 312с.

- Питання для поточного контролю знань та заліку  
(Набори завдань для поточного контролю знань та тестові завдання для модульного контролю).

**10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення**

1. <http://window.edu.ru/resource/469/77469/files/OrgChemTutorLab.pdf>
2. [www.twirpx.com/files/chidnustry/pbooks/](http://www.twirpx.com/files/chidnustry/pbooks/)
3. <https://www.organic-chemistry.org/>
4. molbase.com
5. emolecules.com



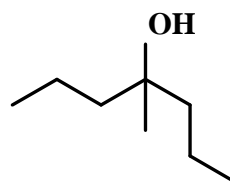
Зразок екзаменаційного білету

з дисципліни

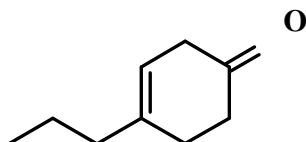
СУЧАСНИЙ ОРГАНІЧНИЙ СИНТЕЗ

Екзаменаційний білет № 0

1. Синтез металоорганічних реагентів (3 загальні способи). Реакція металоорганічних реагентів з карбонільними сполуками, естерами. Літійорганокупрати: синтез, застосування.
2. Основні поняття ретросинтетичного аналізу. Трансформ. Аналіз 1,1-ретрону на базі реакцій карбонільних сполук.



3. Отримати з доступних реагентів.



4. Захисні групи в органічному синтезі. Методи введення та зняття захисних груп при гідроксильних групах спиртів і діолів. Наведіть приклади.

5. Дайте визначення хемо-, регіо- та стереоселективних реакцій та наведіть приклади можливості та необхідності таких процесів під час синтезу органічних люмінофорів.

6. Проблеми електросинтезу і механізми катодних реакцій карбонільних сполук.

Затверджено на засіданні кафедри хімічного матеріалознавства.

Протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ р

Зав. кафедри О.І.Коробов Екзаменатор А.П. Шкумат

Затверджено на засіданні кафедри органічної хімії

Протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ р

Зав. кафедри А.О.Дорошенко Екзаменатор М.О. Колосов

## Приклад завдання для виконання лабораторної роботи

### Лабораторна робота № 000. Робота з рідинами та газами.

1. **Намалюйте** загальну схему установки (колба, крапельна лійка, страховочна колба, осушувач, страховочна колба) для синтезу газів. **Наведіть** рівняння реакцій, за якими у лабораторії отримують HCl, HBr, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S. Зверніть увагу на генерування H<sub>2</sub>S з Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub> та з Na<sub>2</sub>S×9H<sub>2</sub>O (**занотуйте**, у чому різниця). **Напишіть**, як можна висушувати кожен з цих газів.

2. **Поясніть**, чому рідкий осушувач вигідніший, ніж твердий. Чи завжди має бути газопідвідна трубка занурена у шар рідини, в яку подається газ? **Поясніть**.

3. **Наведіть** схему реакції, **намалюйте** схему установки для синтезу гідрохлориду анілінію з аніліну та сухого хлороводню у бензолі. **Наведіть** хід роботи.

4. **Намалюйте** повну схему установки для фракційної перегонки (куб, колонка, головка повної конденсації, зворотній холодильник, алонж-«павук», колби-приймачі). **Підпишіть** деталі установки. **Поясніть** (або **намалюйте**), чим буде відрізнятися від повної установка для простої перегонки.

5. **Наведіть** рисунки та **дайте** пояснення, як двома способами можна промити колбу аргонном: а) за допомогою резинової септи, голок та кульки з аргонном (колба малого об'єму); б) за допомогою триходового крану, кульки з аргонном та вакуумного насосу (колба великого об'єму).

6. **Поясніть** на рисунках та словами, яким чином за допомогою шприця правильно відібрати рідину з колби або пляшки, герметично закритої резиновою септою.

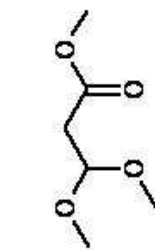
7. **Поясніть** на рисунках та словами, як двома способами правильно додати рідину з колби або пляшки, герметично закритої резиновою септою, до другої аналогічної ємності: а) за допомогою шприця; б) за допомогою двосторонньої голки («перекачування»).

### 3. 1,2-Ретрон (X-C-C-Y, X-C-C=Y)

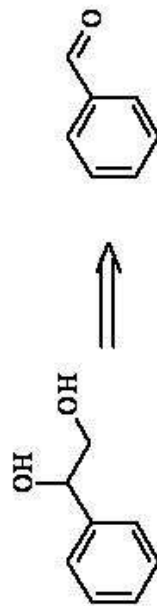
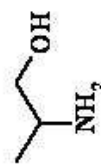
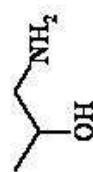
**За. 1,2-Ретрон та його аналіз:** пари прямий синтон + обернений синтон. Основні шляхи спрощення 1,2-ретрону: 1) взаємодія епоксидів з нуклеофілами (RM, NaF, N<sub>3</sub><sup>-</sup>, CN<sup>-</sup> тощо); 2) α-галогенування карбонільних сполук та похідних кислот; 3) взаємодія карбонільних сполук з металорганічними сполуками типу ROCH<sub>2</sub>M.

**Зб. Приклади синтетичних завдань.** Підхід до синтезу малонодінітрила як 1,1- та 1,2-ретрону. Реакція Реформатського. Галоформна реакція. Синтез α-нітроацетофенону. Регіоселективність реакції епоксидів на прикладі взаємодії пропіленоксиду з N<sub>3</sub><sup>-</sup>, CN<sup>-</sup>, RM. Синтез α-амінокислот за Штрекером: розгляд з точки зору 1,1- та 1,2-ретрону. Синтез новокаїну та димедролу: елементи 1,2-ретрону.

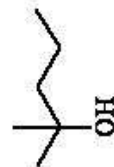
**Зв. Задачі.** Навести ретросинтетичний аналіз та синтез сполук:



за реакцією Реформатського



використати Sn(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>



проаналізувати як 1,1- та 1,2-ретрон