

Державний вищий навчальний заклад  
“Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника”  
Кафедра теоретичної та прикладної хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”  
Проректор \_\_\_\_\_ Шарин С.В.  
“ ” \_\_\_\_\_ 2017 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### БК 57 Методи органічного синтезу (шифр і назва навчальної дисципліни)

спеціальність \_\_\_\_\_ 102 - Хімія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва спеціальності)  
спеціалізація \_\_\_\_\_  
(назва спеціалізації)  
інститут, факультет \_\_\_\_\_ Факультет природничих наук \_\_\_\_\_  
(назва інституту, факультету)

Івано-Франківськ - 2017 рік

Робоча програма навчальної дисципліни “**Методи органічного синтезу**”  
для студентів спеціальності 102 - Хімія, « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 р. – 17 с.

Розробник: Федорченко С.В., доцент кафедри теоретичної та прикладної хімії,  
к.т.н., доцент.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теоретичної та прикладної  
хімії факультету природничих наук.

Протокол від “30” серпня 2017 р. № 1

Завідувач кафедри теоретичної і прикладної хімії

\_\_\_\_\_ (Миронюк І.Ф.)  
(підпис)  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2017 р.

Схвалено методичною комісією факультету природничих наук

Протокол від “26” вересня 2017 р № 1

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2017 р.

Голова \_\_\_\_\_ (Шпарик Ю.С.)  
(підпис)

© Федорченко С.В., 2017 рік,  
© ДВНЗ «Прикарпатський  
національний університет  
імені Василя Стефаника, 2017 рік

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 3	Галузь знань <i>10 – Природничі науки</i> (шифр і назва)	Нормативна	
Модулів – 1	Спеціальність (професійне спрямування): <i>102 Хімія</i>	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 2		<u>2</u> -й	
Індивідуальне науково-дослідне завдання Не передбачено		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин – 90		<u>4</u> -й	
		<b>Лекції</b>	
Тижневих годин для денної форми навчання:  аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 6	Освітньо-кваліфікаційний рівень: <i>бакалавр</i>	10 год	
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		–	
		<b>Лабораторні</b>	
		20 год	
		<b>Самостійна робота</b>	
		60 год	
		<b>Індивідуальні завдання:</b> не передбачено	
Вид контролю: залік			

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить 33,3 % : 66,7 %.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета дисципліни:** освоєння студентами основних методів синтезу органічних сполук і формування практичних навичок, що дозволять їм самостійно проводити синтези різних органічних сполук, попередньо обравши оптимальну схему синтезу, використавши ефективні методи очищення та аналізу продукту.

**Завдання дисципліни:** закріплення теоретичних основ органічної хімії, освоєння базових принципів дизайну функціональних молекул і методів їх дослідження; формування розуміння загальних закономірностей органічного синтезу; формування уявлень про найважливіші методи отримання та модифікації основних класів органічних речовин; знайомство з сучасними реагентами, їх хімічними властивостями і областями практичного використання; надбання навичок використання методів синтезу у вирішенні практичних завдань з отримання органічних речовин; формування у студентів навичок постановки сучасного експерименту та теоретичного аналізу експериментальних даних.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:**

- теоретичні положення основних типів органічних реакцій, на яких ґрунтуються найважливіші синтези в органічній хімії: нуклеофільного заміщення в аліфатичному і ароматичному ряду, електрофільного заміщення в ароматичному ряду, реакцій окиснення органічних сполук, металоорганічних сполук, реакцій відновлення нітросполук, одержання і наступного перетворення діазосполук, реакцій конденсації карбонільних сполук, гетероциклічних сполук;
- методи отримання основних класів органічних речовин;
- основи основного органічного синтезу, тонкого органічного синтезу, препаративного синтезу;
- найважливіші методи трансформації та захисту функціональних груп основних класів органічних сполук;
- вплив замісників у залежності від їх природи на перебіг реакцій за нуклеофільним, електрофільним або вільнорадикальним механізмом;
- можливості сучасних методів органічного синтезу у вирішенні хімічних проблем.

**вміти:**

- застосовувати теоретичні знання для складання схеми одержання органічних сполук заданої будови; проводити розрахунки для проведення синтезу;
- отримувати конкретні органічні сполуки з препаративним виходом і заданим ступенем чистоти з наявних вихідних реагентів;
- враховувати механізми перетворення в процесі синтезу і вибирати оптимальні умови для запобігання побічних процесів реакції;

- використовувати дані про вплив структури функціональних груп сполук на їх реакційні властивості; виявляти оптимальні для даної структури методи модифікації сполуки;
- аналізувати ефективність методів синтезу органічних сполук і схем одержання; розробляти способи підвищення ефективності як схем одержання органічних речовин, так і окремих стадій.

Для кращого засвоєння навчальної дисципліни на заняттях рекомендується використовувати лабораторний експеримент, сучасні навчально-контролюючі комп'ютерні технології, навчальний і контролюючий дидактичний матеріал. Посилення практичної спрямованості навчального процесу вимагає підвищення уваги до формування експериментально-практичних умінь і навичок, широкого використання хімічного експерименту, надавати значення якості його проведення. В робочій програмі визначений перелік лекційних і лабораторних занять, що виконуються студентами під керівництвом викладача в процесі навчання, перелік завдань для самостійної роботи і поточного контролю знань та умінь студентів.

## **Результати навчання (компетентності)**

### **Загальні компетентності (ЗК):**

ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК3. Здатність працювати у команді.

ЗК10. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

### **Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):**

СК7. Здатність здійснювати типові хімічні лабораторні дослідження.

СК9. Здатність використовувати стандартне хімічне обладнання.

СК10. Здатність до опанування нових областей хімії шляхом самостійного навчання.

### **Програмні результати навчання (ПРН):**

ПРН2. Отримати навички самостійної роботи з хімічними речовинами і матеріалами, з урахуванням їхніх фізичних і хімічних властивостей, включаючи поводження з небезпечними речовинами.

ПРН3. Вміти здійснити необхідні операції, спостереження, і вимірювання хімічних властивостей та явищ, правильно документувати результати.

ПРН9. Вміти класифікувати сполуки, давати їм назви, обґрунтовувати їх будову, прогнозувати їх властивості.

ПРН11. Виконувати стандартні лабораторні процедури, використовувати обладнання при синтезі і аналізі органічних і неорганічних сполук і матеріалів.

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### Змістовий модуль 1. Вступ в органічний синтез.

**Тема 1.** Основні поняття органічного синтезу.

**Лекція 1.** Цілі і тенденції розвитку органічного синтезу. Принципи органічного синтезу. Стратегія і тактика органічного синтезу. Вибір оптимальної схеми синтезу органічної сполуки. Класифікація реакцій в органічному синтезі. Основні етапи хімічного синтезу. Спрямований синтез та його планування. Нові синтетичні методи: темплатний і матричний синтез, тандемні перетворення. Типи каталізу, що використовуються в органічному синтезі. Субстрат, реагент, розчинник, каталізатор.

#### Змістовий модуль 2. Основні типи органічних реакцій і синтези на їх основі.

**Тема 2.** Нуклеофільне заміщення в аліфатичному ряду.

**Лекція 2.** Реакції нуклеофільного заміщення біля насиченого (тетраедричного  $sp^3$ ) атома вуглецю, загальна схема реакцій. Механізми мономолекулярного  $S_N1$  і бімолекулярного  $S_N2$  нуклеофільного заміщення. Використання реакцій нуклеофільного заміщення в аліфатичному ряду в органічному синтезі. Фактори, що впливають на тип нуклеофільного заміщення. Нуклеофільне заміщення в алкілгалогенідів (синтез алкілгалогенідів за реакцією Фінкельштейна, гідроліз алкілгалогенідів, синтез простих ефірів за Вільямсоном, заміщення галогену на аміногрупу, заміщення галогенів на різні аніони). Нуклеофільне заміщення ОН-групи в спиртах (заміщення на галоген, на аніони неорганічних кислот, на аміногрупу, на алкоксіаніон). Нуклеофільне заміщення біля аліфатичного тригонального ( $sp^2$ ) атома вуглецю.

**Тема 3.** Електрофільне та нуклеофільне заміщення в ароматичному ряду.

**Лекція 3.** Механізми електрофільного заміщення в ароматичних сполуках ( $\pi$ -,  $\sigma$ -комплекси). Вплив замісників в ароматичному ядрі на реакційну здатність ароматичних сполук і на напрямок вступу другого замісника. Стереоелектронні ефекти замісників (індуктивний, мезомерний та стеричні). Узгоджена та неузгоджена орієнтація замісників. Нітрування. Вплив замісників на легкість нітрування ароматичних сполук. Сульфування. Оборотноість реакції сульфування. Галогенування. Умови введення галогену в ароматичне ядро та бічний ланцюг. Фторування ароматичних сполук. Реакції з утворенням нових С–С зв'язків. Алкілювання і ацилювання ароматичних сполук за Фріделем-Крафтсом. Синтез ароматичних альдегідів та кетонів. Карбоксилювання ароматичних сполук. Механізми нуклеофільного заміщення в ароматичних сполуках. Механізм приєднання-відщеплення ( $S_NAr$ ) з утворенням  $\sigma$ -комплексів (комплекси Мезенгеймера), умови їх стабільності. Нуклеофільне заміщення за механізмом  $S_N1$ .

**Тема 4.** Відновлення ароматичних нітросполук.

**Лекція 4.** Відновлення металами в присутності розчинів електролітів. Відновлення металами в кислому середовищі. Відновлення металами в

лужному середовищі. Відновлення молекулярним воднем на каталізаторах. Шляхи відновлення нітросполук в залежності від рН середовища. Відновлення в кислому середовищі. Відновлення в лужному середовищі.

### **Тема 5. Отримання і перетворення діазосполук.**

**Лекція 5.** Діазотування ароматичних амінів. Агенти та механізм реакції діазотування. Умови та контроль реакції діазотування. Особливості діазотування діамінів та амінофенолів. Реакції діазосполук без виділення азоту. Відновлення діазосполук. Реакція азосполучення та її механізм. Діазоскладова та азоскладова реакції азосполучення. Вплив замісників та умов реакції на швидкість азосполучення. Умови азосполучення з амінами та фенолами. Реакції заміщення діазогрупи. Гетеролітичний та гомолітичний розпад діазосполук. Заміна діазогрупи на гідроксил, алкоксил, водень.

## **4. Структура навчальної дисципліни**

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Змістовий модуль 1. Вступ в органічний синтез.</b>						
Тема 1.	16	2				14
Разом за змістовим модулем 1	16	2				14
<b>Змістовий модуль 2. Основні типи органічних реакцій і синтези на їх основі.</b>						
Тема 2.	18	2		4		12
Тема 3.	20	2		6		12
Тема 4.	16	2		4		10
Тема 5.	20	2		6		12
Разом за змістовим модулем 2	74	8		20		46
<b>Усього годин</b>	90	10		20		60

## **5. Теми семінарських занять**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено	

## **6. Теми практичних занять**



№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не передбачено	

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Синтез ізопропілброміду	4
2.	Синтез сульфанилової кислоти	6
3.	Синтез мета-нітроаніліну	4
4.	Синтез о-хлорбензойної кислоти	6
	<b>Усього годин</b>	<b>20</b>

### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Ефективність синтезів, характеристики продуктів синтезу. Вихід, кількість стадій, доступність реагентів, селективність реакцій і інші чинники ефективності схеми органічного синтезу. Одиначна стадія синтезу. Органічні реакції і синтетичні методи. Ретросинтетичний аналіз за Корі. Мікрохвильовий метод проведення синтезу. Міжфазні каталізатори: краун-ефіри, четвертинні амонійні солі. Розчинники, що застосовуються в органічному синтезі. Кислотно-основні властивості розчинників.	14
2	Загальна характеристика реакцій нуклеофільного заміщення у сполук типу RCOX. Реакції етерифікації, реакції ацилювання спиртів, фенолів та амінів ангідридами і хлорангідридами кислот, отримання складних ефірів за реакцією Вільямсона, гідроліз складних ефірів.	12
3	Вікаріозне нуклеофільне заміщення. Механізм ANRORC (розкриття циклу при приєднанні нуклеофільного агента з наступною рециклізацією). Ариновий механізм (відщеплення-приєднання). Радикальне нуклеофільне заміщення. Карбаніонні нуклеофіли. Нітрогено-, оксигено- та сульфуровмісні нуклеофіли. Утворення озону в тропосфері і стратосфері. Цикл Чепмена. Захисна функція озону. Домішки, що руйнують озон. Регуляція потоку домішок в атмосферу. Фреони і їх заміщення.	12

4	Відновлення в лужному середовищі розчинами сульфідів. Селективне відновлення полінітросполук. Виділення продуктів реакції.	10
5	Заміна діазогрупи на флуор (реакція Шимана), галогени, ціано-, родано- та нітрогрупи (реакція Зандмейера), на арильні групи (реакція Гомберга). Реакції Несмеянова та Меєрвейна. Одержання аліфатичних діазосполук (синтез діазометану). Реакції діазометану як основи, нуклеофіла, донора карбенів.	12
	<b>Разом</b>	<b>60</b>

## 9. Індивідуальні завдання

Не передбачено

## 10. Методи навчання

1. Інформаційно-рецептивний – лекції.
2. Репродуктивний – лабораторні заняття.
3. Частково-пошуковий (евристичний) – самостійна робота.

## 11. Методи контролю

**1. Усний метод контролю** використовується у захисті лабораторних робіт і включає оформлення звіту про виконання роботи (згідно інструкції до лабораторної роботи) та його усний захист, що вимагає знання теоретичного матеріалу, знання порядку виконання дослідів, правил техніки безпеки, контролю за виконанням роботи. **Самоконтроль** – відповіді на контрольні запитання до лабораторних робіт і тем самостійної роботи.

**2. Письмовий контроль** знань здійснюється у формі: письмових робіт (15 хв.) за матеріалами лекцій і лабораторних занять, проводиться з метою активізації систематичної роботи студентів; письмова контрольна робота тривалістю до 60 хвилин за матеріалами робочої програми, які студенти пишуть після вивчення її в лекційному курсі, залікова робота.

**3. Лабораторно-практичний контроль** знань і умінь студентів (лабораторні роботи виконуються індивідуально і оцінюються з урахуванням рівня підготовки до роботи, виконання аналізів та якості отриманих результатів) здійснюється у формі письмової перевірки (залікова робота) знання теоретичного матеріалу, перевірки знання порядку виконання дослідів, правил техніки безпеки, контролю за виконанням роботи та перевірки оформлення звітів у лабораторному журналі.

**4. Тестовий контроль** здійснюється для поточного контролю знань студентів за темами самостійної роботи.

**5. Підсумкова оцінка** виставляється за результатами всіх елементів контролю. Умовою отримання залікової оцінки є виконання і захист всіх лабораторних робіт та успішне проходження всіх методів контролю.

## Завдання для поточного контролю знань і умінь студентів

## Завдання для модульного контролю

1. Завдання органічного синтезу.
2. Принципи сучасного органічного синтезу і встановлення будови органічних сполук.
3. Лінійний і конвергентний синтез.
4. Ретросинтетичний аналіз.
5. Синтез за літературними даними, синтез за аналогією.
6. Стратегія органічного синтезу.
7. Планування ланцюга перетворень, оптимізація плану синтезу.
8. Основні поняття: синтон, стратегічний зв'язок, синтетичний еквівалент.
9. Синтони як фрагменти молекул (радикальні та йонні). Синтетичні еквіваленти синтонів.
10. Типи вуглецевих скелетів і основні шляхи їх побудови.
11. Класифікація реагентів і реакцій. Стереоселективні і стереоспецифічні реакції.
12. Електрофільні частинки (алкілюючі реагенти, карбонільні сполуки,
13. електрофільні Нітроген–Карбонові реагенти, алкени, карбени) у реакціях з нуклеофілами.
14. Нуклеофільні частинки (реактиви Гриньяра та інші металорганічні
15. реагенти, стабілізовані карбаніони, алкени, арени та гетарени).
16. Взаємний вплив атомів в молекулі.
17. Утворення і стабільність проміжних частинок.
18. Кислотно-основні властивості органічних сполук.
19. Класифікація реакцій в органічній хімії.
20. Загальна характеристика реакцій нуклеофільного заміщення. Приклади нуклеофільних субстратів і реагентів.
21. Механізм бімолекулярного нуклеофільного заміщення.
22. Механізм мономолекулярного нуклеофільного заміщення.
23. Стереохімія реакцій нуклеофільного заміщення.
24. Фактори, що впливають на механізм і швидкість нуклеофільного заміщення (структура субстрату, активність реагенту).
25. Фактори, що впливають на механізм і швидкість нуклеофільного заміщення (природа заміщаються груп, вплив розчинників і каталізаторів).
26. Нуклеофільне заміщення в алкілгалогеніді.
27. Нуклеофільне заміщення гідроксильної групи в спиртах (основні реакції, умови).
28. Нуклеофільне заміщення гідроксильної групи в спиртах (загальна схема реакції, каталіз кислотами, найважливіші побічні реакції).
29. Загальна характеристика реакцій нуклеофільного заміщення у  $sp^2$ -гібридного атома вуглецю.
30. Реакція етерифікації.
31. Гідроліз складних ефірів.
32. Реакції ацилювання спиртів, фенолів та амінів.

33. Механізм реакцій електрофільного заміщення в ароматичних сполуках.
34. Вплив замісників на реакційну здатність ароматичних сполук.
35. Узгоджена і неузгоджена орієнтація.
36. Реакції електрофільного заміщення (нітрування, сульфування).
37. Реакції електрофільного заміщення (галогенування, алкілювання, ацилювання).
38. Будова діазосполук.
39. Реакція діазотування (механізм, умови).
40. Побічні реакції при діазотуванні і методи їх запобігання.
41. Реакції діазосполук з виділенням азоту
42. Реакції діазосполук, що йдуть без виділення азоту
43. Реакція азосполучення.
44. Азобарвники: азо-гідразонна таутомерія.
45. Будова карбонільних сполук.
46. Відновлення сполук за карбон-карбоновим зв'язком.
47. Відновлення спиртів.
48. Відновлення карбонільних груп в альдегідах і кетонах.
49. Відновлення карбонових кислот і їх похідних.
50. Відновлення азотовмісних органічних сполук.

## 12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання та самостійна робота			Залік	Сума
Сума балів за лабораторні роботи	Сума балів за контрольні роботи	Загальна сума балів за тестове оцінювання	50	100
20	20	10		

## Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
80 – 89	<b>B</b>	добре	
70 – 79	<b>C</b>		
60 – 69	<b>D</b>	задовільно	
50 – 59	<b>E</b>		
26 – 49	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання

0-25	Г	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни
------	---	------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

### 13. Методичне забезпечення

1. Робоча навчальна програма курсу.
2. Конспект лекцій з навчальної дисципліни.
3. Підручники в бібліотеці – обмежена кількість.
4. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт.
5. Типові запитання для поточного контролю знань та заліку.

### 14. Рекомендована література

#### Базова

1. Смит В.А. Основы современного органического синтеза: [учеб. пособие / В.А. Смит, А.Д. Дильман]. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2015. – 750 с.
2. Курта С.А., Лучкевич Є.Р., Матківський М.П. Хімія органічних сполук. Підручник для вищих навчальних закладів. – Івано-Франківськ: вид-во Прикарпат. нац. ун-ту ім. В.Стефаника, 2013.– 599 с.
3. Мандельштам Т.В. Стратегия и тактика органического синтеза. Л.: Изд. ЛГУ, 1989. – 209 с.
4. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия, 1991. – 448 с.
5. Ли Д.Д. Именные реакции. Механизмы органических реакций. – М.: Изд.: «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2006. – 564 с.
6. Бочков А. Ф., Смит В. А., Кейпл Р. Органический синтез – наука и искусство. – М.: Мир, 2001. – 573 с.
7. Прялкин Б.С. Основной органический и нефтехимический синтез: [учеб.-метод. пособие. /Томск. гос. ун-т]. – Томск, 2007. – 27 с.
8. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. – М.: Химия, 1988. – 592 с.
9. Реутов О. А. Органическая химия Ч. 1-4. [учебник для вузов по направлению и специальности “Химия”]. / О.А. Реутов, А.А. Курц, К.П. Бутин. – М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2007-2014.
10. Терней А. Современная органическая химия. В 2-х т. – М.: Мир, 1981. Т. 1 – 678 с. Т. 2. – 651 с.

#### Допоміжна

1. Кери Ф, Сандберг Р. Углубленный курс органической химии. т. 2. – М.:Химия, 1981.

2. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. – М.: Химия, 1981.
3. Общая органическая химия, под ред. акад. Н.К.Кочеткова. – М.: Химия, 1981.
4. Агрономов А.Е. Избранные главы органической химии. – М.: издание московского университета, 1975.
5. Эфрос Л.С., Горелик М.В. Химия и технология промежуточных соединений. – Л.: Химия, 1980.
6. Горелик М.В., Эфрос Л.С. Основы химии технологии ароматических соединений. – М.: Химия, 1992.
7. Ворожцов Н.Н. Основы синтеза промежуточных красителей и продуктов – М.: Госхимиздат, – 1956.
8. Фирц-Давид Г.Е., Л. Бланже Л. Основные процессы синтеза красителей – М.: Госхимиздат, 1957.
9. Лисицин В.Н. Химия и технология промежуточных продуктов. М.: Химия. 1987.
10. Родионов В.М., Богословский Б.М., Федорова А.М. Лабораторное руководство по химии промежуточных полупродуктов и красителей. – М.: ГНТИ, 1948.
11. Мищенко Г.Л., Вацуро К.В. Синтетические методы органической химии. – М.: Химия. 1992.
12. Лернер И.М., Гонор А.А., Славачевская Н.М., Берлин А.И. Указатель препаративных синтезов органических соединений. Л.: Химия, 1982.
13. Титце Л., Айхер Т. Препаративная органическая химия. – М.: Мир, 1999.

