

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Волинський національний університет імені Лесі Українки
Факультет хімії, екології та фармації
Кафедра органічної хімії та фармації

СИЛАБУС
обов'язкової навчальної дисципліни
СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ОРГАНІЧНОГО СИНТЕЗУ

підготовки	<u>доктора філософії (PhD)</u> (назва освітнього рівня)
спеціальності	<u>102 – Хімія</u> (шифр і назва спеціальності)
освітньо-наукової програми	<u>Синтез та дослідження властивостей</u> <u>неорганічних і органічних речовин</u>

Силабус навчальної дисципліни «СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ОРГАНІЧНОГО СИНТЕЗУ» підготовки доктора філософії (PhD), галузі знань 10 Природничі науки, спеціальності 102 Хімія, за освітньо-науковою програмою «Синтез та дослідження властивостей неорганічних і органічних речовин».

Розробник: завідувач кафедри органічної хімії та фармації, кандидат хімічних наук, доцент Сливка Н. Ю.

Силабус навчальної дисципліни затверджений на засіданні кафедри органічної хімії та фармації

протокол № 4 від 9 жовтня 2020 р.

Завідувач кафедри
органічної хімії та фармації,
кандидат хімічних наук, доцент



Сливка Н. Ю.

I. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, Освітньо-наукова програма, освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Денна/заочна форма навчання	Галузь знань 10 – Природничі науки Спеціальність 102 – Хімія Освітня програма Синтез та дослідження властивостей неорганічних і органічних речовин Освітній рівень доктор філософії (PhD)	Обов'язкова
Кількість годин / кредитів: 180 / 6		Рік навчання 2-й
		Семестр: 3, 4
		Лекції: 44/22 год.
ІНДЗ: немає		Семінарські: 20/10 год.
		Самостійна робота: 116/148 год.
		Форма контролю: залік (3 сем), іспит (4 сем)
Мова навчання		українська

II. Інформація про викладача

Прізвище, ім'я та по батькові: *Сливка Наталія Юріївна*

Науковий ступінь: *кандидат хімічних наук*

Вчене звання: *доцент кафедри органічної та біоорганічної хімії*

Посада: *завідувач кафедри органічної хімії та фармації, доцент*

Контактна інформація: +830954932935 e-mail: Slivka.Natalia@vnu.edu.ua

Дні занять: <http://194.44.187.20/cgi-bin/timetable.cgi?n=700>

III. Опис дисципліни

1. Анотація курсу. Силабус “Сучасні тенденції розвитку органічного синтезу” складений відповідно до освітньо-наукової програми підготовки бакалавра за ОНП «Синтез та дослідження властивостей неорганічних і органічних речовин».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є: будова, властивості, методи одержання та ідентифікації органічних сполук на сучасному етапі розвитку органічної хімії, синтез як метод відкриття нових реакцій та реагентів, мистецтво органічного синтезу.

2. Пререквізити: необхідною навчальною базою перед початком вивчення дисципліни є володіння знаннями з навчальних предметів “Органічна хімія”, “Методи фізико-хімічного аналізу”, “Аналіз та ідентифікація органічних сполук”, “Хімія гетероциклічних сполук”, “Хімія природних сполук”.

3. Мета і завдання навчальної дисципліни. Метою викладання навчальної дисципліни “Сучасні тенденції розвитку органічного синтезу” є: поглиблення знань аспірантами про методи синтезу органічних сполук в сучасній хімії (реакції приєднання, заміщення, конденсації, окиснення, відновлення). Засвоєння основних сучасних методів елементарного та ускладненого органічного синтезу з дотриманням правил техніки експерименту та техніки безпеки. Вміння аспіранта самостійно планувати органічний синтез і корелювати ним.

Основними завданнями вивчення дисципліни “Сучасні тенденції розвитку органічного синтезу” є:

сприяти розвитку у здобувачів хімічного мислення і діалектичного світогляду;
 ознайомити здобувачів з методиками сучасного органічного синтезу;
 навчити здобувачів практичній роботі з сучасними органічними сполуками;
 виробити навички самостійної роботи в лабораторії, інтерпретації та узагальнення одержаних результатів.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми здобувачі повинні:

знати :

- новітні операції органічного синтезу;
- сучасні методи синтезу одержання органічних сполук як вихідних сполук;

- основні методи ускладненого органічного синтезу для одержання сполук певного класу з дотриманням правил техніки експерименту та техніки безпеки;
- сучасні методи встановлення будови органічних сполук.

вміти :

- застосовувати теоретичні знання, отримані на заняттях, для розв'язання конкретних хімічних задач;
- визначати структуру органічної сполуки за назвою;
- грамотно складати план проведення синтезу визначеної органічної сполуки;
- підбирати сучасні методики та умови для виконання визначеного синтезу;
- використовувати сучасні методи синтезу для одержання відповідних органічних сполук;
- проводити складні синтези органічних сполук за літературними методиками;
- вміти прогнозувати одержання нової сполуки та ідентифікувати синтезовану сполуку.

4. Результати навчання (компетентності). При вивченні даної навчальної дисципліни здобувач освіти набуде такі **ІНТ**: Здатність продукувати інноваційні наукові ідеї, оволодіти методологією наукової та педагогічної діяльності, вирішувати комплексні проблеми в процесі інноваційно-дослідницької та професійної діяльності, проводити оригінальні наукові дослідження на міжнародному та національному рівні.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК2. Здатність до критичного аналізу, оцінки наявних знань, синтезу нових та складних ідей на основі логічних аргументів та перевірених фактів.

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. Набуття гнучкості мислення, відкритого для застосування набутих хімічних знань для вирішення стратегічних та поточних завдань промислового розвитку, а також для застосування набутих знань у практичних ситуаціях.

ЗК4. Здатність до проведення самостійних наукових досліджень. Набуття компетентностей ініціювання та виконання наукових досліджень, які дають можливість переосмислити наявні та отримати нові знання.

ЗК5. Творчість. Здатність до генерування нових ідей, абстрактне мислення, досягнення наукових цілей, знаходити найкращі рішення в нових умовах та ситуаціях.

ЗК6. Здатність працювати у команді. Здатність виконувати наукові дослідження в групі, розуміючи відповідальність за результати роботи, вимоги дисципліни, планування та управління часом. Здатність розробляти та управляти науковими проектами.

ЗК8. Етичні установки. Дотримання етичних принципів в наукових дослідженнях, чесності та порядності в професійній діяльності та повсякденному житті.

ЗК9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК10. Викладацькі та популяризаційні навички. Уміння спілкуватися із нефахівцями, певні навички організації та проведення навчальних занять.

ЗК11. Управлінські навички. Уміння працювати в умовах обмеженого часу та ресурсів, мотивувати та керувати роботою інших для досягнення поставлених цілей.

Спеціальні (фахові) компетентності (ФК):

СК1. Глибинні знання зі спеціальності. Знання і розуміння поглибленого рівня в галузі хімії і споріднених областях, включаючи методи проведення експериментів, рівень цих знань повинен бути достатнім для проведення наукових досліджень на рівні останніх світових досягнень і направленим на їх розширення і поглиблення. **СК2.** Дослідницькі здатності. Здатність формулювати на сучасному рівні наукову проблему, робочі гіпотези досліджуваної проблеми, виконувати оригінальні дослідження в галузі хімії, досягати наукових результатів, які створюють нові цілісні знання, розв'язувати проблеми та задачі шляхом розуміння їх фундаментальних основ та використання як теоретичних, так і експериментальних методів, засвоєних з освітньо-наукової програми.

СК3. Технологічні здатності. Вміння вибирати та використовувати наукове обладнання, новітні інформаційні і комунікаційні технології та процедури, які відносяться до хімічних та фізико-хімічних методів досліджень.

СК4. Здатність до критичного аналізу та оцінювання даних. Вміння аналізувати дані проведених експериментів, в тому числі із застосуванням обчислювальної техніки, інтерпретувати результати експериментів та брати участь у дискусіях стосовно наукового та практичного значення отриманих результатів. С

СК6. Здатність планувати, проектувати та виконувати наукові проекти, скласти пропозиції щодо фінансування наукових досліджень.

СК7. Здатність до саморозвитку та самовдосконалення. Здатність шляхом самостійного навчання освоїти нові галузі науки, використовуючи здобуті фахові знання, уміння та навички.

СК8. Навички застосування інформаційних технологій та відповідного програмного забезпечення для здійснення наукових досліджень та інтерпретації їх результатів.

Програмні результати навчання, що отримає здобувач: ПРУН 3. Застосовувати знання про закономірності взаємозв'язку структури сполук і речовин з фізичними і хімічними властивостями під час розв'язання теоретичних та прикладних завдань. ПРУН 4. Застосовувати знання хімічної термодинаміки до реальних процесів, прогнозувати термодинамічні властивості та реакційну здатність речовин. ПРУН 5. Здатність до використання академічної української та іноземної мови у професійній діяльності та дослідженнях, презентувати результати наукових досліджень в усній та письмовій формі, організовувати та проводити навчальні заняття. ПРЗН 3. Отримати знання теоретичних та прикладних проблем прикладної хімії та методів неорганічного і органічного синтезу. ПРЗН 4. Отримати глибинні знання сучасних методів визначення складу та встановлення будови хімічних сполук, контролю проходження хімічних процесів. ПРКОМ 1. Уміння застосовувати сучасні інформаційно-комунікаційні інструменти і технології для забезпечення ефективних наукових та професійних комунікацій. ПРАіВ 1. Здатність самостійно проводити наукові дослідження та приймати рішення. ПРАіВ 2. Здатність формулювати власні авторські висновки, пропозиції та рекомендації. Започатковувати, планувати, реалізовувати та коригувати послідовний процес ґрунтовного наукового дослідження з дотриманням належної академічної доброчесності.

5. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				Форма контролю / бали
	Усього	у тому числі			
		Лек-ції	Семі-нар.	Сам. роб.	
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ I ОСНОВНІ ОПЕРАЦІЇ В ОРГАНІЧНОМУ СИНТЕЗІ. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЙОГО РОЗВИТКУ					
Тема 1. Етапи розвитку органічного синтезу.	6/10	2/2		4/8	ДБ
Тема 2. Ізогіпсичні перетворення функціональних груп.	16/18	4/2	2/2	10/14	ДС / 5
Тема 3. Неізогіпсичні перетворення функціональних груп.	16/17	4/2	2/1	10/14	ДС / 5
Тема 4. Крос-сполучення за участі металоорганічних сполук як синтетичний метод.	18/19	4/2	2/1	12/16	ДС / 5
Тема 5. Реакції карбонільних сполук як синтетичні методи.	22/17	6/2	2/1	14/14	ДС / 5
Разом за змістовим модулем I	78/81	20/10	8/5	50/66	МКР 1 / 30
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ II СУЧАСНІ МЕТОДИ СИНТЕЗУ ЦИКЛІЧНИХ СПОЛУК					
Тема 6. Методи синтезу циклопропанів.	18/19	4/2	2/1	12/16	ДС / 5
Тема 7. Методи синтезу циклобутанів.	18/19	4/2	2/1	12/16	ДС / 5

Тема 8. Методи синтезу циклопентанів.	23/21	6/2	4/1	14/18	ДС / 5
Тема 9. Методи синтезу циклогексанів.	23/22	6/2	4/2	14/18	ДС / 5
Тема 10. Метатезис алкенів та алкінів як синтетичний метод.	20/18	4/4		14/14	ДБ
<i>Разом за змістовим модулем 2</i>	102/99	24/12	12/5	66/82	МКР 2 / 30
Усього годин	180	44/22	20/10	116/148	

***Форма контролю:** ДС – дискусія (семінар), ДБ – дебати, Т – тести, ТР – тренінг, РЗ/К – розв’язування задач / кейсів, ІНДЗ / ІРС – індивідуальне завдання / індивідуальна робота здобувача, РМГ – робота в малих групах, МКР / КР – модульна контрольна робота/ контрольна робота, Р – реферат, а також аналітична записка, аналітичне есе, аналіз твору тощо.

6. Теми семінарських занять

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Семінарське заняття 1. Ізогіпсичні перетворення	2
2	Семінарське заняття 2. Неізогіпсичні перетворення	2
3	Семінарське заняття 3. Крос-сполучення як синтетичний метод	2
4	Семінарське заняття 4. Реакції карбонільних сполук	2
5	Семінарське заняття 5. Відомі методи одержання циклопропанів	2
6	Семінарське заняття 6. Відомі методи одержання циклобутанів	2
7	Семінарське заняття 7. Відомі методи одержання циклопентанів	4
8	Семінарське заняття 8. Відомі методи одержання циклогексанів	4
Разом		20

7. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Іменні реакції в органічній хімії	10
2	Карбаматний захист аміногрупи	10
3	Епоксидування за Ши. Окиснення за Тамао–Флемінгом	10
4	Реакція купратних реагентів з епоксидами та лактонами. Карбокупрування алкінів	10
5	Реакція Бейліса-Хілмана: механізм, умови. Реакція Штеттера	10
6	Енантіоселективне циклопропанування за Евансом. Енантіоселективне циклопропанування за Девісом	10
7	Реакція де Майо. Внутрішньомолекулярне фотохімічне [2+2] циклоприєднання за участі α,β -ненасичених сполук. Правило „п’яти”. Внутрішньомолекулярне фотохімічне [2+2] циклоприєднання: каталіз купрум (I) трифлатом	10
8	Синтез циклопентанів реакціями вклинення вінілкарбенів.	10
9	Катіонні циклізації 1,5-полієнів: умови, вирішення проблеми регіоселективності	10
10	Крос-метатезис алкенів	10
11	Підготовка до іспиту	16
Разом		116

IV. Політика оцінювання

Політика викладача щодо здобувача: аспірант повинен відвідувати лекції та семінарські заняття. Пропущені без поважних причин заняття потрібно відпрацювати: підготувати конспект лекції, пройти опитування по темі семінарського заняття.

Політика щодо академічної доброчесності: усі завдання здобувач повинен виконувати самостійно.

Політика щодо дедлайнів та перескладання: у випадку пропуску лекції без поважної причини аспірант готує конспект до наступного семінарського заняття. До закінчення вивчення модуля студент повинен відпрацювати усі семінарські заняття.

V. Підсумковий контроль

Підсумковий контроль здійснюється на підставі оцінювання всіх видів робіт студентів. Формою підсумкового семестрового контролю є *залік* (третій семестр). Якщо здобувач відвідував усі лекції або ж відпрацював їх, підготував всі семінари змістового модуля 1, написав модульне контрольне опитування МКР 1 і отримав 37-50 балів, то залік може бути зараховано. У випадку незадовільної підсумкової оцінки або за бажанням підвищити рейтинг здобувач може підвищити свій рейтинг перездавши одну із тем семінарських занять.

Формою підсумкового семестрового контролю є *екзамен* (четвертий семестр), за складання яких здобувач може отримати максимум 60 балів. Загальна оцінка підраховується як сума поточного й модульного контролю.

Запитання для самопідготовки, які виносяться на іспит:

1. Етапи розвитку органічного синтезу. Задачі органічного синтезу на сучасному етапі розвитку органічної хімії. Синтез безперечно (умовно) корисних для діяльності людини сполук, синтез як метод дослідження (відкриття нових реакцій та реагентів, модельні дослідження – перевірка гіпотез у різних галузях науки), мистецтво органічного синтезу.
2. Тактика органічного синтезу як сукупність синтетичних прийомів, що використовуються на кожній стадії. Стратегія синтезу – генеральний план, що враховує особливості всіх стадій синтезу. Органічна реакція та синтетичний метод: порівняння.
3. Ознаки ефективного синтетичного методу в органічній хімії: надійність, селективність, технологічність, безпека, достатня вивченість границь застосування і особливостей.
4. Приклади деяких синтетичних методів та історії їх відкриттів. Іменні реакції в органічній хімії.
5. Ізогіпсичні перетворення функціональних груп. Захист функціональних груп.
6. Класифікація захисних груп відповідно до умов їх зняття та відповідно до груп, що захищають. Способи захисту ОН-групи. Силільний, ацильний, карбаматний, ацетальний, етерний захист ОН-групи.
7. Захист 1,2- та 1,3-діолів. Захист фенолів. Ацетальний захист альдегідів та кетонів. Тіоацетальний захист альдегідів та кетонів.
8. Естерний захист карбоксильної групи. Ортоестерний захист карбоксильної групи.
9. Карбаматний захист аміногрупи. Амідний, сульфамідний та алкільний захист.
10. Неізогіпсичні перетворення функціональних груп. Реагенти окиснення спиртів на основі хрому. Реагент Сверна та його модифікації. Діоксид мангану як реагент окиснення спиртів. Реагент Десса-Мартіна. IBX. Реагенти на основі рутенію.
11. Окиснення альдегідів. Окиснення кетонів з розривом С–С зв'язку. Окиснення кетонів за α -положенням. Оксазиридины Девіса. Епоксидування алкенів. Епоксидування за Шарплесом. Епоксидування за Якобсеном. Епоксидування за Ши.
12. Цис-гідроксилювання алкенів Цис-гідроксилювання алкенів за Шарплесом. Окиснення алкенів з розривом С=С зв'язку та споріднені реакції. Окиснення сульфурвімісних сполук. Окиснення за Тамао–Флемінгом.
13. Крос-сполучення за участі металоорганічних сполук як синтетичний метод. Способи одержання металоорганічних сполук. Комерційно доступні літійорганічні сполуки. Одержання літійорганічних сполук прямим металюванням, депротонуванням, обміном галогену.
14. Класифікація купратних реагентів. Одержання гомокупратних реагентів. Одержання гетерокупратних реагентів. Одержання купратів вищого порядку. Напрямки використання купратних реагентів.
15. Реакції карбонільних сполук як синтетичні методи. Реакція Грин'єра: коло субстратів, побічні процеси. Церієві реагенти.
16. Селективне одержання альдегідів/кетонів з похідних карбонових кислот. Одержання цинкорганічних сполук прямим металюванням, з діетилцинку та переметалюванням. Реакція Реформатського. Реакції приєднання цинкорганічних сполук до карбонільних сполук.
17. Діастереоселективне приєднання до карбонільних сполук: модель Фелкіна-Ана. Діастереоселективне приєднання до карбонільних сполук: модель хелатування за Крамом, похідні циклогексанону. Енантіоселективне приєднання діалкілцинків до альдегідів. Реакція Сакураї: коло субстратів, механізм.

18. Реакція Міхаеля: коло субстратів та нуклеofilів, кислотний та основний каталіз, гетероатомні нуклеофіли, приєднання ціаніду, приєднання аніонів нітроалканів.
19. Реакція Міхаеля з метиленактивними сполуками, енамінами, силіленолями, алілсиланими та -стананами. Реакція Міхаеля з органокупратами: механізм, коло субстратів та купратів. Реакція приєднання-елімінування за участі органокупратів та енонів.
20. Методи синтезу циклопропанів. Одержання циклопропанів реакцією Вюрца. Одержання циклопропанів алкілюванням енолятів.
21. Циклопропанування за Корі-Чайковським: регіоселективність основних реагентів, вплив субстрату, приклади реагентів; синтез спіропентанів. Карбени та карбеноїди. Синглетні та триплетні карбени. Перегрупування Вольфа.
22. Методи синтезу циклобутанів. Одержання циклобутанів реакцією Вюрца. Одержання циклобутанів алкілюванням малонату. Одержання циклобутанів алкілюванням карбаніонів, стабілізованих гетероатомами.
23. Одержання циклобутанів ацилоїновою конденсацією. Одержання циклобутанів розширенням циклопропанів. [2+2] циклоприєднання: розгляд граничних орбіталей.
24. Одержання кетенів. [2+2] циклоприєднання за участі кетенів: механізм реакції, кетен та диметилкетен, дихлорокетен, метиленокетен, внутрішньомолекулярні реакції. Механізм фотохімічного [2+2] циклоприєднання.
25. Методи синтезу циклопентанів. Одержання циклопентанів алкілюванням/ацилюванням енолятів: ретросинтетичні підходи за схемами C1+C4, C2+C3. використання циклопропілфосфонію.
26. Одержання циклопентанів внутрішньомолекулярною альдольною реакцією: загальна схема, синтетичні еквіваленти α -галогенкетонів (пропаргілгалогеніди, похідні 2,3-дигалогеноалкенів, алілгалогеніди, нітроалкени, 2-(діетилоксифосфорилокси)-3-хлоропропен-1).
27. Реакція Міхаеля у синтезі похідних циклопентану. Синтезпохідних біцикло[3.3.0]октану з гліоксалу. Циклізація 5-алкеніллтієвихпохідних: стереохімія реакції.
28. Методи синтезу циклогексанів. Циклізація 1,5-дикарбонільних сполук: загальна схема. Реакція Робінсона: класичні умови, підвищення селективності (1,3-дикарбонільні сполуки, феноаміни та силіленоляти як субстрати, еквіваленти метилвінілкетону).
29. Метатезис алкенів та алкінів як синтетичний метод. Види метатезису. RCM-реакція. Крос-метатезис алкенів.

Загальна оцінка підраховується як сума поточного й модульного контролю.

Поточний контроль (max = 40 балів)								Модульний контроль (max = 60 балів)		Сума
Модуль 1 (оцінювання практичних робіт)								Модуль 2 (контрольні опитування)		
Змістовий модуль I				Змістовий модуль II				ЗМ I	ЗМ II	
Сем. 1	Сем. 2	Сем. 3	Сем. 4	Сем. 5	Сем. 6	Сем. 7	Сем. 8	МКР 1	МКР 2	
5	5	5	5	5	5	5	5	30	30	
40								60		100

Оцінка за освоєння курсу виставляється згідно шкали оцінювання.

VI. Шкала оцінювання

Оцінка в балах за всі види навчальної діяльності	Оцінка
90 – 100	Відмінно
82 – 89	Дуже добре
75 – 81	Добре
67 – 74	Задовільно
60 – 66	Достатньо
1 – 59	Незадовільно

VII. Рекомендована література та інтернет-ресурси

Методичне забезпечення:

1. Сливка Н. Ю. Органічна хімія: метод. вказівки до лабораторного практикуму /Наталія Юрїївна Сливка, Елла Максимівна Кадикало. – Луцьк: П “Зоря-плюс” ВОО ВОІ СОГУ, 2019. – 60 с.

2. Сливка Н. Ю. Органічна хімія: методичні вказівки до лабораторного практикуму. Частина I. / Н. Ю. Сливка, Е. М. Кадикало, Л. П. Марушко. – 2-ге вид., випр. та доп. – Луцьк: П “Зоря–плюс” ВОО ВОІ СОІУ, 2018. – 57 с.
3. Кадикало Е. М. Органічна хімія: методичні вказівки до лабораторного практикуму. Частина II / Кадикало Е. М., Сливка Н. Ю., Марушко Л. П. – 2-ге вид., випр. та доп. – Луцьк: П «Зоря–плюс» ВОО ВОІ СОІУ, 2017. – 62 с.
4. Органический синтез: учеб. изд. / Под ред. Н.В. Васильевой. М.: Просвещение, 1979. – 256 с.

Основна література:

1. Бочков А.Ф., В. А. Смит, Р. Кейпл. Органический синтез – наука или искусство? / А.Ф. Бочков, В.А. Смит, Р. Кейпл. –М., 2007. – 183 с.
2. Матье Ж., Панико Р., Вейль-Рейналь Ж. Изменение и введение функций в органическом синтезе: учеб. изд. / Ж. Матье, Р. Панико, Ж.М. Вейль-Рейналь. –М.: Мир, 1980. – 221 с.
3. Мандельштам Т.В. Стратегия и тактика органического синтеза: учеб. изд. / Т.В. Мандельштам. –Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1989. – 174 с.
4. Глубіш П.А. Органічний синтез: навч. посіб. / П.А. Глубіш.–К.: ІЗМН, 1997.- 320 с.
5. Маки Р., Смит Д. Путеводитель по органическому синтезу: учеб. изд. / Р. Маки, Д. Смит. – М.: Мир, 1985. – 256 с.
6. Бочков А.Ф., Смит В.А. Органический синтез: учеб. изд. / А.Ф. Бочков, В.А.Смит. – М.: Мир, 1987. – 187 с.
7. Смит В., Бочков А., Кейпл Р. Органический синтез. Наука и искусство: учеб. изд. / В.Смит, А. Бочков, Р.Кейпл. – М.: Мир, 2001. –208 с.
8. Ласло П. Логика органического синтеза: учеб. изд. / П. Ласло М.: Мир, 1998; Т. 1, 2.
9. Черных В.П., Гриценко И.С., Лозинский М.О., Коваленко З.И. Общий практикум по органической химии: учеб. изд. / В.П. Черных, И.С. Грищенко, М.О. Лозинський и др. - Х.: Изд-во НФАУ, 2002. –518 с.

Додаткова література:

10. Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А. Начала органической химии: В 2-х кн.: учеб. изд./ А.Н. Несмеянов, Н.А. Несмеянов. –М.: Химия, 1974.
11. Нейланд О.Я. Органическая химия: учеб. изд. / О.Я. Нейланд. –М.: Высшая школа, 1990. –750 с.

Інтернет-ресурси:

12. <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
13. <http://www.orgsyn.org/>
14. <https://www.organic-chemistry.org/synthesis/>