

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Навчально науковий інститут високих технологій

кафедра супрамолекулярної хімії



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора
з навчальної роботи

Грабчук Г.П.

«12» вересня 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Новітні методи синтезу

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки
спеціальність **102 Хімія**
освітній рівень **бакалавр**
освітня програма **Хімія (Високі технології)**

вид дисципліни **вибіркова**

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2022/2023</u>
Семестр	<u>восьмий</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>6</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>екзамен</u>

Викладач: д.х.н., проф. Волочнюк Д.М.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

Розробник: д.х.н., проф. Волочнюк Д.М.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Зав. кафедри супрамолекулярної хімії


_____ (Рябухін С.В.)

Протокол №7 від «19» серпня 2022 року

Схвалено науково - методичною комісією Інституту високих технологій

Протокол №1 від «9» вересня 2022 року

Голова науково-методичної комісії _____  (Русінчук Н. М.)

ВСТУП

1. Мета дисципліни :

Метою дисципліни є розвинути, доповнити та закріпити знання про методи синтезу, хімічні властивості органічних сполук, планування органічного синтезу.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни :

Студент повинен знати:

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

Студент повинен вміти:

планувати стратегію рішення поставлених завдань, скласти план синтезу органічної сполуки, що відноситься до будь-якого класу (чи поліфункціональної), має будову досить високої міри складності; вміти використовувати методи та прийоми тонкого органічного синтезу при плануванні та проведенні синтетичного експерименту; проводити ре-синтези та вміти адаптувати та оптимізувати методика синтезу до конкретних умов проведення синтезу та наявності реактивів; планувати і проводити функціоналізацію органічних сполук та використовувати особливі методи в препаративній органічній хімії (одержання і перетворення функціональних груп; хемо-, регіо- та стереоселективні реакції, сучасні реагенти та каталізатори)

3. Анотація навчальної дисципліни

Завданням дисципліни є ознайомлення здобувачів освіти з актуальними прийомами та методами органічного синтезу, що дозволяють цілеспрямовано синтезувати надзвичайно широке різноманіття органічних молекул; а також створення надійного підґрунтя для розвитку теоретичних і практичних навичок застосування прийомів та методів сучасного органічного синтезу.

4. Завдання (навчальні цілі)

Навчання дисципліни має на меті розвивати у студентів такі компетентності:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК7. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

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

ЗК11. Здатність бути критичним і самокритичним.

ФК1. Здатність застосовувати знання і розуміння математики та природничих наук для вирішення якісних та кількісних проблем в хімії.

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

ФК3. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт виходячи із вимог хімічної метрології та професійних стандартів в галузі хімії.

ФК12. Розуміння ключових концепцій, принципів і теорій, що стосуються природничих наук та наук про життя і землю, для забезпечення можливості в подальшому глибоко розуміти спеціалізовані області хімії.

ФК13. Здатність застосовувати нестандартні методи та рішення для вирішення прикладної та наукової проблеми області хімії.

ФК17. Здатність розуміти взаємозв'язок «Хімічні властивості речовини» - «Фізичні властивості речовини».

ФК18. Здатність прогнозувати можливості застосування речовин/методів/підходів/рішень у сучасних нанотехнологіях.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.	Знати: - методи перетворення функціональних груп в органічних сполуках; - методи утворення С–С зв'язку за рахунок реакцій металоорганічних сполук та крос-сполучення; - методи синтезу органічних сполук за рахунок реакцій карбонільних похідних та їх еквівалентів.	<i>Лекції</i>	<i>Контрольні роботи</i>	30%
2.	Вміти: -обирати оптимальний шлях здійснення перетворень функціональних груп в органічних сполуках; -планувати побудову вуглецевого скелету органічних сполук на основі реакцій металоорганічних похідних; -проаналізувати та інтерпретувати дані, що стосуються методології органічного синтезу	<i>Лекції</i>	<i>Контрольні роботи</i>	30%
3	Комунікація: Працювати в групі на семінарах та практичних роботах.	<i>Практичні заняття</i>	<i>Звіти</i>	20%
4.	Автономність та Відповідальність: 4.1. Самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, здійснювати пошук та узагальнення науково-технічної інформації.	<i>Самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота</i>	20%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	Програмні результати навчання			
	1	2	3	4
26. Розуміти зміну/появу біологічної функції при перебігу біохімічних перетворень.	+	+	+	+
27. Прогнозувати появу біологічної активності хімічної сполуки.	+	+	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 – РН 2. – 12 балів
2. Модульна контрольна робота 2 – РН 2. – 12 балів
3. Модульна контрольна робота 3 – РН 2. – 12 балів
4. Підсумкова контрольна робота – РН 1. – 12 балів
5. Домашня контрольна робота. – РН 4. – 6 балів

- підсумкове оцінювання: у формі іспиту

Формою проведення іспиту є тестова контрольна робота та співбесіда на основі неї. Результатами навчання, які оцінюються в тестовій контрольній роботі, є РН 1. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом, становить 40 балів.

- умови допуску до підсумкового іспиту:

Студент допускається до іспиту за умови виконання всіх передбачених планом практичних робіт. Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше, ніж 36 балів.

7.2 Організація оцінювання:

Модульні контрольні роботи проводяться після завершення лекцій з відповідних розділів. Проміжне тестування проводиться упродовж лекційного курсу. Оцінювання роботи студента з рішення задач проводиться на практичних заняттях у формі контрольної роботи.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни.

Тематичний план лекцій та лабораторних занять

№ п/п	Номер і назва теми*	Кількість годин		
		лекції	Практичні / лабораторні заняття	самостійна робота
1	Тема 1. Планування синтезу. Ретросинтез. Класифікація органічного синтезу за призначенням. Ознаки та аспекти органічного синтезу. Необхідні умови якісного органічного синтезу. Необхідні знання для планування органічного синтезу. Селективність: хемо-, регіо-, стерео-, діастерео-, енантіо. Класифікація синтезів: лінійний, конвергентний, дивергентний та комбінаторний. Поняття ретросинтезу. Молекулярна складність. Дерево синтезу. Синтетичні стратегія та тактика.	2		
2	Тема 2. Селективність: хемо-, регіо-, стерео-, діастерео-, енантіо. Класифікація синтезів: лінійний, конвергентний, дивергентний та комбінаторний. Поняття ретросинтезу. Молекулярна складність. Дерево синтезу. Синтетичні стратегія та тактика. Оцінка синтетичних шляхів та ризиків.	2		
	Практичне заняття 1. Вибір конкретних реакцій та реагентів для кожного кроку. Вибір умов реакції.		2	
	Самостійна робота. Ретросинтетичні підходи до анельованих,			10

	спіроциклічних та місткових сполук. Порівняння синтетичних стратегій до синтезу просагландинів (Корі, Нойорі та фірми Syntex) та артемізініну.			
3	Тема 3. Поняття каталізу. Порівняння недоліків та переваг гомогенного та гетерогенного каталізу. Характеристики гомогенного каталізатора: Каталітичний оберт (ТО); Частота каталітичних обертів (ТОF); Кількість каталітичних обертів (TON); відсоток конверсії; вихід цільового продукту; селективність. Каталітичний цикл. Каталіз перехідними металами. Астор ліганди. Spectator ліганди. Поділ перехідних металів на ранні середні та пізні. Правило “18 електронів”. Виключення з правила 18-е. Геометрія комплексів перехідних металів.	2		
	Самостійна робота. Вивчення типових полімерів для синтезу та методів їх модифікації.			10
4	Тема 4. Елементарні стадії у ТМ каталізі. Обмін лігандів. Окисне приєднання. Відновне елімінування. Окисне сполучення. Переметалювання. Міграційне включення. Карбо-, гідрометалювання. β -Елімінування. Декарбо-, дегідрометалювання. Включення СО. Нуклеофільне приєднання до координованого ліганда. Електрофільне приєднання до координованого ліганда. Зміна формального ступінь окиснення (ФСО); координаційного числа (КЧ); кількість валентних електронів (КВЕ) при перебігу елементарних стадій. Захоплення аніона. Обмін лігандів шляхом ковзання (slippage). Хімічно промотоване заміщення ліганда. Агостичні взаємодії. Характеристики лігандів. Електронний параметр $\nu(\text{CO})$ та Cone Angle. Методи їх визначення.	2		
	Практичне заняття 2. Вакер процес. Виробництво оцтової кислоти (процеси Monsanto та Cativa). Гідроформілювання. Water gas reaction. Карбонілювання етилену (Lucite). Синтез адіпонітрилу (DuPont). SHOP process. Олеохімія на прикладі Dimethyl nonadecanedioate from methyl oleate. Реакція Стеттера (Stetter). Реакція Кателані (Catellani). SOMO каталіз (SOMO = singly occupied molecular orbital). ACDC каталіз (asymmetric counteranion directed catalysis). Альдольна реакція за Барбасом-Листом (Barbas-List).		2	
	Лабораторне заняття 1. Літійування 3-броїмопіридину з подальшим синтезом пінаколату піридин-3-боронової кислоти.		5	
	Самостійна робота. Окиснення ксенобіотику на цитохромі P450. Ензиматичні перегрупування за участю коферменту B12. Carbon monoxide dehydrogenase.			10
5	Тема 5. Каталітичне С-С крос-сполучення. Поняття про крос-сполучення. Гомо-сполучення. Ранні приклади реакцій гомо крос-сполучення: Вюрц, Фіттіг, Ульман, Гласер. Недоліки некаталітичного С-С сполучення. Ранні приклади каталітичного крос-сполучення: Караш та Коші. Ера похідних палладію як каталізаторів крос сполучення.	2		
	Самостійна робота. Аналіз меж використання полімерних реагентів. Типи реагентів і особливості їх синтезу.			10
6	Тема 6. Механізм каталітичного крос-сполучення. Окисне приєднання. Субстрати здатні до окисного приєднання. Різниця окисного приєднання до сполук палладію та нікелю. Вплив структури субстрату на окисне приєднання. Вплив структури каталізатора та ліганда на окисне приєднання. Пряме, асоціативне та дисоціативне окисне приєднання. Проблематика окисного приєднання для насичених субстратів. Трансметалювання. Субстрати здатні до трансметалювання. Активування похідних бору та сіліцію для трансметалювання. Вплив структури похідних бору, сіліцію та стануму на здатність до трансметалювання. Вплив основи та ліганда на трансметалювання. Відновне елімінування. Вплив структури координаційної сполуки на	2		

	відновне елімінування. Вплив ліганду та відновне елімінування.			
	Практичне заняття 3. Синтетичне використання каталітичного C-C крос сполучення. : Реакції Хека, Мурахаші, Кумади, Негіші, Стіллі, Соногашіри, Хіями, Сузукі-Міяури та Троста-Тсугі. Принципи вибору конкретної реакції та вихідних субстратів. Особливості синтетичного використання реакцій Стіллі та Негіші. Побічні продукти в реакції Сузукі та шляхи їх запобігання. Солі Моландера. Можливість їх ортогонального використання з іншими похідними боронових кислот. Ітеративне крос-сполучення, MIDA-боронати. Загальні структурні типи лігандів для крос-сполучення та джерела паладійових каталітично активних часточок. Оптимізація умов для крос-сполучення.		4	
	Лабораторне заняття 2. Синтез зручного каталізатора для перехресної реакції Сузукі в системі вода-протеїн		4	
	Самостійна робота. Використання новітніх методів каталітичного C-C крос сполучення у синтезах природних сполук (-)-dehydrotubifoline; (+)-stachyflin; scopadulcic acid B; dynemicin, michellamine B, dragmacidin F, β -carotene, (+)-discodermolide та API (active pharmaceutical intermediates) Singulair, Telmisartan, Terbinafine, ABT-239, AG-28262, CI-1034, Rofecoxib, Obatoclox.			26
7	Тема 7. Каталітичне C-гетероатом крос-сполучення. Загальне поняття про C-гетероатом крос-сполучення. Важливість такого типу реакцій у порівнянні з іншими підходами з точки зору ретросинтетичного аналізу. Ранні приклади реакцій каталітичного C-гетероатом крос-сполучення: Ульман, Голдберг, Мігіта, Богер та Ягупольский. Ера похідних паладію та ренесанс похідних міді як каталізаторів крос сполучення.	2		
	Лабораторне заняття 3. Каналізоване міддю електрофільне амінування диорганозинковими реагентами: синтез 4-феніл-морфоліну.		5	
8	Тема 8. Механізм каталітичного C-гетероатом крос-сполучення з використанням каталізаторів на основі паладію. Загальний механізм. Пояснення можливих побічних продуктів на основі загального механізму. Вплив структури аміну на утворення комплексів з паладієм (II). Вплив структури N- та O-ліганду на реакцію відновного елімінування. Вплив структури ліганду на перебіг C-гетероатом крос-сполучення. Відмінність каталітичного циклу для моно- та бідентантних лігандів. Кінетичні характеристики реакції з використанням BINAP у якості ліганду. Особливості використання у реакції лігандів BINAP, DPPF, Xantphos, P(<i>t</i> Bu) ₃ , DTBPF та Josiphos. Родина біарилдіалкілфосфінових лігандів: особливості їх координації до паладію; вплив структурних елементів ліганду на утворення, стабільність та поведінку каталітично активних частинок, вплив структури ліганду на швидкість каталітичного амінування, каталітичний цикл з використанням цих лігандів. Особливості амінування амоніаку. Загальне порівняння поведінки похідних паладію та нікелю у якості каталізаторів. Каталітична система на основі нікелю для амінування з використанням амоніаку та аліфатичних амінів.	4		
	Практичне заняття 4. Паладій-вмісні пре каталізатори. Використання в якості пре-каталізатора Pd(OAc) ₂ та Pd ₂ (dba) ₃ , недоліки останніх з комерційних джерел. Сучасні пре каталізатори: π -алліл паладієві комплекси та паладацикли. Загальна характеристика G1 – G4 поколінь паладациклів: синтез та механізм генерації каталітично активних часток.		2	
	Лабораторне заняття 4. Синтез стабільного на повітрі джерела триметилалюмінію – DABAL-Me ₃ та його використання в органічному синтезі у присутності Pd-каталізатора.		5	
	Самостійна робота. Паладій-вмісні пре каталізатори. Використання в якості пре-каталізатора Pd(OAc) ₂ та Pd ₂ (dba) ₃ ,			14

	<p>недоліки останніх з комерційних джерел. Сучасні пре каталізатори: π-алліл палладієві комплекси та паладацикли. Загальна характеристика G1 – G4 поколінь паладациклів: синтез та механізм генерації каталітично активних часток.</p>			
	<p>Тема 9. Механізм каталітичного C-гетероатом крос-сполучення з використанням каталізаторів на основі міді. Порівняння властивостей палладію та міді, важливих для використання їх похідних у якості каталізаторів крос-сполучення. Варіанти крос-сполучення з використання мідних каталізаторів: звичайне, обернене (umprolung) та окисне крос-сполучення. Фактори (структура та властивості субстратів), що впливають на вибір використання похідних палладію чи міді у якості каталізаторів C-N сполучення. Типи лігандів та їх роль у мідь-каталізованому крос-сполученні. N-електрофіли для оберненого сполучення. N-субстрати для окисного сполучення. Особливості ацетату міді як каталізатора для C-N та C-O окисного сполучення.</p>	2		
	<p>Практичне заняття 5. Синтетичне використання каталітичного C-N крос сполучення. Порівняльна характеристика з аналізом переваг та недоліків S_NAr реакцій та амінування за Бухвальдом-Хартвігом (ВНА). (Гетеро)ароматичні електрофільні субстрати та азот-центровані нуклеофільні субстрати для реакції Бухвальда-Хартвіга: різноманіття, межі застосування та загальний алгоритм вибори умов сполучення. Внутрішньо та міжмолекулярне амінування. Використання у ВНА синтетичних еквівалентів амоніаку, гідразонів, амідів та сульфамідів. Приклади використання ВНА у медичній хімії, матеріалознавстві та виробництві фармацевтичних субстанції. Порівняльна характеристика з аналізом переваг та недоліків реакцій та амінування за Бухвальдом-Хартвігом та сучасними варіантами Ульмана-Голдберга. Препаративне використання мідь каналізованого арилювання амінокислот, амінів, амідів та карбаматів. Використання NH-гетероциклів у Cu каналізованому крос-сполученні та загальні його закономірності. N/O та N/C селективність для Pd/Cu каналізованих крос-сполучень. Препаративне використання та коло субстратів ((гетеро)ароматичних нуклеофілів та азот-центрованих електрофілів) для оберненого крос-сполучення. Окисне крос-сполучення, реакція Чена-Еванса-Лема. Коло субстратів здатних до реакції Чена-Еванса-Лема. Ряд стандартних умов для проведення реакції Чена-Еванса-Лема. Селективність реакції для полі функціональних субстратів. Приклади використання реакції Чена-Еванса-Лема у медичній хімії та виробництві фармацевтичних субстанції.</p>		4	
	<p>Самостійна робота. Використання новітніх методів каталітичного C-(N,O) крос сполучення у синтезах природних сполук (+)-<i>epi</i>-indolacatam V; Murrayazoline; demethylasterriquinone A1, benzolactam V8, paliurine F, chloropeptin I та API (active pharmaceutical intermediates) Imatinib, Lotrafiban, Linezolid, AMG 925, GW876008. Приклади препаративного каталітичного C-S сполучення: родина каталізаторів Pd-PEPPSI, синтез Axitinib та реагенти для біоконьюгації цистеїну. Приклади препаративного каталітичного C-P сполучення: синтез ліганду (R)-BINAP та препарату Brigatinib.</p>			16
	<p>Тема 10. Неізогіпсичні перетворення. Реагенти окиснення та відновлення. Поняття ізогіпсичного та неізогіпсичного прететворення. Рівень окиснення органічної сполуки. Одно- та двоелектронні процеси відновлення та окиснення. Порівняння окисної та відновної сили реагентів. Стандартні окисно-відновні потенціали. Діаграми Пурбе. Окисно-відновні потенціали у неводних середовищах. Циклічна вольт-амперометрія. Стандартний каломельний електрод (aqueous saturated calomel electrode, SCE) та ферроцен-ферроценіум потенціал</p>	4		

	(ferrocene/ferrocenium potential, $[\text{FeCp}_2]^{+/0}$). Категорії окисників та відновників щодо їх редокс потенціалу. Потенціал іонізації та спорідненість до електрона широкоживаних органічних субстратів.			
	Тема 11. Окиснення. Реагенти: Джонса ($\text{CrO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-ацетон}$), Колінза ($\text{CrO}_3\text{-py}$), PCC ($\text{PyH}^+\text{CrO}_3\text{Cl}$), PDC ($(\text{PyH})_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), Сверна (DMSO-(COCl)_2), Паріх-Дерінга ($\text{DMSO-SO}_3\text{-py/TEA}$), Пфіцнера-Моффата (DMSO-DCC/EDC), MnO_2 , Десса-Мартіна, IBX (2-йодоксибензойна кислота), Лея ($\text{TPAP-NMO, NPr}_4\text{RuO}_4\text{-N-оксид N-метилморфоліну}$), $\text{RuCl}_3\text{-NaIO}_4$, TEMPO- NaClO , $\text{Ag}_2\text{O-NaOH}$, Ag_2CO_3 , Пінніка ($\text{NaClO}_2\text{-(Na}_2\text{HPO}_4\text{)-2,3-диметилбутен}$), $\text{MnO}_2\text{-NaCN}$, SeO_2 , Озон (O_3 , Me_2S), Лем'є – Джонсона ($\text{OsO}_4\text{-NaIO}_4$), Pb(OAc)_4 , CAN (церіямонійнітрат, $(\text{NH}_4)_2\text{Ce(NO}_3)_6$), $\text{PhI(O}^-\text{COCF}_3)_2$, сіль Ферма. Окиснення за Байером-Вілігером (MCPBA тощо), галоформна реакція (NaClO/NaBrO), Окиснення за Руботтомом (Si-енолят, MCPBA), Окиснення за Саегусою – Іто (Si-енолят, $\text{Pd(OAc)}_2\text{-інший окисник}$), окиснення оксазиридином Девіса. Епоксидування алкенів (неенантіоселективне, за Шарплесом, за Якобсеном, за Ши). Цис-гідроксилування алкенів (неенантіоселективне, за Шарплесом). Оксамінування алкенів за Шарплесом. Реакція Превоста. Цис-гідроксилування аренів. Окиснення за Тамао-Флемінгом.	4		
	Тема 12. Відновлення Реагенти: LiAlH_4 , LiAlH(Ot-Bu)_3 , Red-Al ($\text{NaAlH}_2(\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_3)_2$), NaBH_4 , LiBH_4 , Реагент Люше ($\text{NaBH}_4\text{-CeCl}_3$), NaBH(OAc)_3 , NaBH_3CN , Супергідрид (LiTEBH , LiBHEt_3), Селектриди, Боран ($\text{BH}_3\text{-THF}$, $\text{BH}_3\text{-Me}_2\text{S}$, $\text{NaBH}_4\text{-BF}_3\text{*Et}_2\text{O}$), DIBAL ($i\text{-Bu}_2\text{AlH}$), Li/Na , RNH_2/NH_3 , LiDBB , Zn (пил), Zn-Cu , $\text{Bu}_3\text{SnH/AIBN}$, Амальгама алюмінію, $\text{Et}_3\text{SiH-TFA}$. Діастерео- та енантіоселективне відновлення кетонів. Каталітичне гідрування. Гетерогенне: ряд активності металів у каталітичному гідруванні, каталізатори Ліндлара, Роземунда та Адамса, функціональні групи здатні до гетерогенного каталітичного гідрування. Гомогенне: каталізатори Вілкінсона, Васка, Шво, Шрок-Осборн, Крабтри. Енантіоселективне гідрування кетонів та алкенів. Відновлення за Берчем, Клеменсенем, Меєрвейном-Пандорфом-Верлессем та Вольфом-Кижнером. Використання гідразину, діаміну та форміатів як відновників.	2		
	Лабораторне заняття 5. Синтез (-)-(<i>S</i>)-1-(1,3,2-Діоксоборолан-2-ілокси)-3-метил-1,1-дифелінбутан-2-аміну як хірального каталізатора для широкого діапазону асиметричних перетворень.		5	
	Самостійна робота. Окиснення за Шоно. Використання новітніх методів окиснення у тотальних синтезах ((+)-pseudoanisatin, (-)-majucin (-)-jiadifenoxolane, (-)-castanospermine, paspaline). Використання у синтезах SmI_2 та низьковалентних похідних титану.			16

Загальний обсяг 180 год., в тому числі:

Лекції – 30 год.

Лабораторні заняття - 24 год.

Практичні заняття - 14 год.

Самостійна робота - 112 год.

9. Рекомендовані літературні джерела:

Основна:

1. W.A. Smith., A.F. Bochkov, R. Caple. Organic Synthesis – the Science behind the Art. Cambridge, 1998.
1. M.B. Smith. Organic Synthesis. N. Y., 1994.
2. J. P. Clayden, N. Greeves, S. G. Warren, P. D. Wothers. Organic chemistry. Oxford, 2000.

3. M.B. Smith. *March's Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure*, 7th ed. Wiley, 2013.
4. F. Carey, R. Sandberg. *Advanced Organic Chemistry*. (in 2 Vol.), 5th ed. Springer, 2008.