

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Навчально науковий інститут високих технологій

кафедра супрамолекулярної хімії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора
з навчальної роботи

Гребчук Г.П.

« 24 » 09 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Дизайн і розробка сучасних каталізаторів

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки

(шифр і назва)

спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

(шифр і назва спеціальності)

освітній рівень магістр

(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)

освітня програма Високі технології (прикладна фізика та наноматеріали)

(назва освітньої програми)

вид дисципліни вибіркова

Форма навчання

денна

Навчальний рік

2022/2023

Семестр

третій

Кількість кредитів ECTS

3

Мова викладання, навчання
та оцінювання

українська

Форма заключного контролю

екзамен

Викладач: д.х.н., проф. Рябухін С.В.

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

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. Рябухін С.В., д.х.н., проф. Волочнюк Д.М.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Зав. кафедри Рябухін С.В.

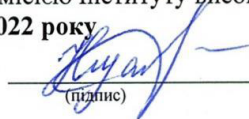

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

Протокол № 5 від «08» 04 2022 року

Схвалено науково - методичною комісією Інституту високих технологій

Протокол 4 від «13» 05 2022 року

Голова науково-методичної комісії


_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)
(Рябухін С.В.)

ВСТУП

1. Мета дисципліни :

Ознайомлення студентів з предметом гомогенного та гетерогенного каталізу. розробки лікарських засобів та їх тестування в різноманітних системах. Створення теоретичної бази для розуміння природи каталітичної активності та каталітичної дії сполук на хімічні процеси. Ознайомлення з поточною ситуацією в галузі та методами створення каталізаторів та дослідження їх активності, ефективності та меж застосування.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни :

Студент повинен знати:

фундаментальні основи загальної, неорганічної та органічної хімії, координаційної хімії, фізики, нанофізики, фізичної хімії та супрамолекулярної хімії, а також основ фізичних методів дослідження.

Студент повинен вміти:

Користуватися сучасними електронними базами даних в галузі хімії і біології, іншими Інтернет-ресурсами.

3. Анотація навчальної дисципліни

Курс з дисципліни «Дизайн і розробка сучасних каталізаторів» поділяється на розділи. У першому розділі після викладення історії виникнення та базової термінології відповідної галузі науки основна увага приділяється каталізу як явищу, і загальним принципам створення і дизайну каталізаторів. Розглядається відмінність гомогенного і гетерогенного каталізу, пояснюються основні принципи природи цього явища та механістичні основи його дії. В другій частині курсу засвоєні принципи підтверджуються практичними прикладами вдосконалення каталітичних систем як в тонкому органічному синтезі, так і в промисловості. Пояснюється сучасна проблематика пошуку нових каталізаторів та потреба в ньому. Розглядаються найбільш сучасні напрямки каталізу, для яких наводяться приклади вирішення задач, що постали перед галуззю.

4. Завдання (навчальні цілі)

Навчання дисципліні має на меті розвивати у студентів такі компетентності:

ІК. Здатність самостійно ставити та розв'язувати на інноваційному рівні наукові та науково-технічні задачі проблеми у галузі прикладної фізики, нанофізики, наноматеріалознавства та високих технологій, пов'язані із виготовленням, аналізом властивостей, використанням наноматеріалів, проектування та виготовлення наносенсорних систем, що передбачає застосування теоретичних знань та навичок з фізики, математики, інженерії, програмування, вибраних розділів хімії та біології.

ЗК1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК2. Здатність спілкуватися державною та іноземною мовами як усно, так і письмово.

ЗК5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК9. Здатність працювати автономно.

ЗК10. Навики здійснення безпечної діяльності.

ЗК11. Здатність до подальшого навчання, яке значною мірою є автономним та самостійним.

ЗК12. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК13. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми, що потребує оновлення та інтеграції знань, часто в умовах неповної/недостатньої інформації та суперечливих вимог.

ЗК14. Здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні висновки, а також знання та пояснення, що їх обґрунтовують, до фахівців і нефахівців, зокрема до осіб, які навчаються.

ЗК16. Здатність генерувати нові ідеї.

ЗК17. Володіння спеціалізованими концептуальними знаннями, набутими у процесі навчання та/або професійної діяльності на рівні новітніх досягнень, які є основою для оригінального мислення та інноваційної діяльності, зокрема в контексті дослідницької роботи.

ФК2. Здатність оптимально визначити матеріальні засоби, необхідні для проведення наукового дослідження або науково-технічної розробки (матеріали, апаратура, обладнання, обчислювальна техніка та інше).

ФК4. Здатність встановлювати взаємозв'язок внутрішньої структури елементів та компонентів сучасного обладнання з їх електричними і електрофізичними характеристиками та параметрами.

ФК6. Здатність встановлювати області застосування виробів електронної техніки.

ФК7. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, критичного осмислення проблем у професійній діяльності та на межі предметних галузей.

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: 1.1. Поняття каталізу. Основні принципи дії каталізаторів. Різницю між гомогенним та гетерогенним каталізмом.	Лекції	Контрольні роботи	20%
	1.2. Сучасну проблематику дизайну та синтезу каталізаторів. Основні напрямки розвитку та задачі, що потребують вирішення.	Лекції	Контрольні роботи	20%
2.	Вміти: 2.1. Визначати механізми, шляхи та принципи дії каталітичних систем.	Практичні заняття	Контрольні роботи	20%
	2.2. планувати експериментальні шляхи розробки нових каталізаторів.	Практичні заняття	Контрольні роботи	20%
3.	Комунікація: 3.1. Працювати в групі на семінарах та практичних роботах.	Практичні заняття	Звіти	10%
4.	Автономність та Відповідальність: 4.1. Самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, здійснювати пошук та узагальнення науково-технічної інформації.	Самостійна робота	Контрольна робота	10%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	Програмні результати навчання			
	1	2	3	4
1. Володіти поглибленим рівнем знань у прикладній фізиці, наноматеріалознавстві, високих технологіях та споріднених областях, включаючи методики проведення експериментів і технології отримання наноматеріалів, рівень цих знань повинен бути достатнім для проведення наукових досліджень на рівні останніх світових досягнень і направленим на їх розширення та поглиблення.	+	+		
2. Використовувати знання в галузі прикладної фізики, математики, електроніки та інформаційних технологій для виконання наукових досліджень та розв'язання виробничих задач.		+	+	+
3. Знаходити та аналізувати наукову та науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики та наноматеріалів із вітчизняних та зарубіжних		+	+	+
4. Виконувати аналіз спеціальної літератури, формувати постановку наукової або науково-технічної задачі, обирати методи та методики, складати програми наукових досліджень та науково-технічних розробок у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.			+	+
5. Обговорювати та знаходити прогресивні та інноваційні рішення проблем і завдань при виконанні науково-технічних та виробничих проєктів.		+	+	
6. Встановлювати та аргументувати нові залежності між параметрами та характеристиками фізичних систем.	+	+	+	+
7. Ефективно працювати як індивідуально, так і в складі команди, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.			+	+
8. Коректно формувати професійні висновки, апробувати їх та доносити до аудиторії різного фахового рівня, використовуючи сучасні методики наукової та технічної комунікації українською та іноземними мовами.		+	+	
9. Визначати напрямки перспективних досліджень з урахуванням світових тенденцій розвитку науки, техніки й технологій.	+	+		
10. Складати описи виконаних досліджень і проєктів, що розробляються, обробки, аналізу та інтерпретації результатів досліджень, підготовки даних для складання звітів і презентацій, написання доповідей, статей та іншої науково-технічної документації.			+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 – РН 2. – 12 балів
2. Підсумкова контрольна робота 1 – РН 1. – 12 балів
3. Модульна контрольна робота 2 – РН 2. – 12 балів
4. Підсумкова контрольна робота 2 – РН 1. – 12 балів
5. Практичний звіт – РН 3. – 6 балів
6. 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 заняття	самостійна робота
1	Тема 1. Вступ до курсу «Дизайн і розробка сучасних катализаторів». Визначення термінів «катализ», «катализатор», «прекатализатор» короткий опис основних типів каталізу, таких як «гомогенний/гетерогенний катализ», «кисотно-основний катализ», «окисно-відновний катализ». Фізико-хімічні аспекти каталітичної активності, способи її кількісної характеристики та фактори, що на неї впливають. Повторення основ координаційної хімії, з розглядом складових металовмісних комплексів (центральний йон металу, ліганди) як об'єктів молекулярного дизайну.	2		
	Практичне заняття 1. Розгляд теорії кристалічного поля і зв'язок сили поля лігандів з їх донорно-акцепторними властивостями.		2	
	Самостійна робота. Найбільш вагомим відкриттям у каталізі. Вивчення лекцій Нобелівських лауреатів, які отримали премії в області каталізу.			6
2	Тема 2. Найбільш розповсюджені каталітичні системи: від тонкого органічного синтезу до промисловості. Коротка історія каталізу. Вплив впровадження нових каталітичних систем на розвиток людства на прикладі синтезу аммоніаку. Приклади основних каталітичних реакцій: кислотно-основні, гідратування, крос-сполучення, метатезису. Загальний огляд каталітичних систем, які в них використовуються. Прикладні аспекти підбору катализатора в тонкому органічному синтезі і промисловості.	2		

	Самостійна робота. Особливості масштабування каталітичних процесів для створення промислового синтезу органічних сполук.			8
3	Тема 3. Поширені металопрécurсори для одержання каталізаторів і прекаталізаторів. Переваги і недоліки використання прекаталізаторів. Визначення терміну «прécurсор» і «металопрécurсор». Одержання каталізаторів <i>in situ</i> : переваги і недоліки. Основні комерційно-доступні типи сполук металів, які можуть виступати металопрécurсорами: галогеніди, ацетати, ацетилацетонати, циклоктадієн-вмісні комплекси. Фактори, що впливають на підбір металопрécurсора: стійкість до компонентів атмосферного повітря, температурний режим зберігання, розчинність в органічних розчинниках. Приклади металопрécurсорів, що містять паладій, рутеній, родій, нікель і мідь; їх використання в основних каталітичних реакціях.	2		
	Самостійна робота. Пошук нових типів металопрécurсорів, що містять метали у низьких ступенях окиснення і стійкі до умов зберігання за кімнатної температури і відсутності інертної атмосфери.			6
4	Тема 4. Загальні аспекти дизайну каталізаторів. Ключові стадії механізмів каталітичних реакцій. Енергетичний профіль реакції. Термодинамічний і кінетичний параметри енергетики реакції. Вплив внесення каталізатора на енергетичний профіль реакцій. Способи модифікації металокомплексного каталізатора: заміна металоцентра, протийона чи ліганда-глядача; регулювання електронних та/чи стеричних характеристик компонентів координаційної сполуки. Наслідки модифікації фрагментів металокомплексного каталізатору на кінетичні і термодинамічні аспекти ключових стадій механізмів каталітичних реакцій. Висновки щодо впливу таких модифікацій на активність каталізатору на прикладі основних каталітичних реакцій.	2		
	Самостійна робота. Особливості механізмів гетерогенних каталітичних реакцій. Фактори, що впливають на каталітичну активність композитів, що містять метали платинової групи.			8
5	Тема 5. Особливості обладнання для одержання каталізаторів і аналізу їх якості. Робота в інертній атмосфері і відмінності від звичайних технік органічного синтезу. Система Шленка. Вплив необхідності збереження інертної атмосфери на методи виділення і очистки прекаталізаторів (перекристалізація і фільтрування, хроматографія, екстракція і т.п.). Відмінності аналізу чистоти металокомплексних сполук від органічних сполук. Контроль якості каталізаторів за допомогою інструментальних методів (ядерно-магнітний резонанс, рентгенівські методи дослідження, елементний аналіз, мікроскопічні методи аналізу, спектрофотометрія).	2		
	Самостійна робота. Вплив одержання гетерогенного каталізатору на його каталітичні властивості. Способи одержання і контролю якості іммобілізованих каталізаторів.			8
6	Тема 6. Особливості дизайну каталізаторів гідрування. Місце реакцій гідрування в сучасному світі. Переваги і недоліки гетерогенних і гомогенних каталізаторів даного типу реакцій. Каталізатор Уілкінсона як перший широкоживаний металокомплексний каталізатор. Детальний розгляд механізму гомогенного гідрування ненасичених вуглеводнів. Вдосконалення каталітичних систем гідрування органічних сполук як класичний приклад молекулярного дизайну. Розгляд впливу заміни ліганда та протийона (каталізатор Озборна) і центрального йону металу (каталізатор Крабтрі) на активність каталізатора. Асиметричне гідрування. Приклади використання металокомплексного гідрування в тонкому органічному синтезі і промисловості.	2		

	Практична робота 2. Детальний розгляд синтезу L-DOPA та інвермектину.		2	
	Самостійна робота. Використання гомогенного каталітичного гідрування для синтезу клінічних кандидатів, які пройшли фазу II клінічних випробувань.			4
7	Тема 7. Особливості дизайну і розробки каталізаторів крос-сполучення... Місце реакції крос-сполучення в сучасному світі. Детальний розгляд механізму реакцій крос-сполучення. Використання принципів дизайну каталізаторів на прикладі реакцій Сузукі і Бухвальда-Хартвіга. Розгляд впливу електронних і стеричних характеристик ліганду і методу активації прекаталізатору на каталітичну активність. Особливості проведення реакцій крос-сполучення з використанням гетерогенних чи гетерогенізованих каталізаторів. Приклади використання реакцій крос-сполучення в тонкому органічному синтезі і промисловості.	2		
	Практичне заняття 3. Детальний розгляд синтезу прекаталізаторів Бухвальда G3 і PEPPSI.		2	
	Самостійна робота. Використання реакцій крос-сполучення для синтезу клінічних кандидатів, які пройшли фазу II клінічних випробувань.			6
8	Тема 8. Особливості дизайну і розробки кислотно-основних каталізаторів. Кисотно-основні взаємодії в органічній хімії. Теорія ЖМКО. Стехіометричні кислоти Льюїса. Кислоти Льюїса в каталітичних кількостях – трифлати рідкоземельних металів. Розгляд впливу кислотних каталізаторів на вихід реакції Дільса-Альдера. Гетерогенні кислоти Льюїса – SiO ₂ , полівольфрамат і полмерні сульфонові кислоти.	2		
	Самостійна робота. Новітні розробки щодо використання кислот Льюїса у воді.			6
9	Тема 9. Новітні каталітичні системи: фотоокисновідновні реакції. Світло як рушійна сила хімічних реакцій. Фізичні основи переведення фотосенсибілізатора у збуджений стан за допомогою світла. Вплив електронної будови центрального атому на квантовий вихід фотосенсибілізатора: порівняння іридієвих і рутенієвих каталізаторів. Відмінність окисно-відновних властивостей і реакційної здатності даних сполук в основному і збудженому станах. Приклади використання фотоактивних сполук в органічному синтезі та перші спроби масштабування фотохімічних процесів.	2		
	Практичне заняття 4. Сучасне апаратне забезпечення для проведення реакцій фоторедоксу.		2	
	Самостійна робота. Пошук та аналіз нових фотосенсибілізаторів на основі інших металів.			4
10	Тема 10. Новітні каталітичні системи: заміна сполук металів платинової групи на легші метали та органокаталіз. Недоліки використання сполук металів платинової групи в каталітичних системах. Способи зменшення використання сполук платинових металів: гетерогенізація каталізатору з можливістю повторного використання, заміна на сполуки інших металів і органокаталіз. Ключові відмінності електронної будови 3d-елементів від 4d і 5d елементів, вплив на хімічні властивості їх сполук. Особливості впровадження сполук нікелю, кобальту, заліза і міді в реакції гідрування і крос-сполучення. Органокаталізатори як альтернатива металокомплексам. Пролін як хіральної кислота Льюїса в реакції Дільса-Альдера. Органокаталізатори в реакціях гідрування, крос-сполучення і фотоокисновідновних реакціях.	2		

<p>Практичне заняття 5. Детальне порівняння комплексів нікелю і паладію в реакції Сузукі-Міяури, а також заміна комплексів іридію на фотосенсибілізатори органічної природи в реакціях фотокаталізу.</p>	2		
<p>Самостійна робота. Унікальні каталітичні реакції за участі сполук 3d-металів як каталізаторів.</p>			4

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:

Лекції – 20 год.

Практичні – 10 год.

Самостійна робота - 60 год.

9. Рекомендовані літературні джерела:

Основна:

- [1] Catalysis: An Integrated Textbook for Students. Ulf Hanefeld (Editor), Leon Lefferts (Editor); 2008 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
- [2] Active Pharmaceutical Ingredients in Synthesis. Catalytic Processes in Research and Development, Anthony J. Burke, Carolina S. Marques, Nicholas J. Turner, Gesine J. Hermann; 2018 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
- [3] Catalysis. Concepts and Green Applications, Gadi Rothenberg; 2008 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

10. Додаткові джерела та інформація:

Контрольні запитання до курсу:

1. Визначення каталізу та його класифікація.
2. Переваги і недоліки гетерогенного і гомогенного каталізу.
3. TOF і TON як кількісні характеристики каталітичної активності.
4. Теорія кристалічного поля, сила поля лігандів і електронні характеристики, що на неї впливають.
5. Розрахунок кількості електронів на зовнішньому енергетичному рівні металу. Правило 18 електронів і його використання для перебачення механізмів каталітичних реакцій.
6. Синтез Борна-Габера як важлива віха впровадження каталітичних процесів в промисловість.
7. Загальний опис реакцій гідрування, крос-сполучення, метатезису і приклади каталізаторів, які в них використовуються.
8. Особливості підбору каталізатору в тонкому органічному синтезі і промисловості.
9. Синтез адіпіонітрилу.
10. Синтез оцтової кислоти.
11. Прекаталізатори: переваги та недоліки.
12. Одержання каталізатору *in situ*: переваги та недоліки.
13. Основні металопрécurсори паладію, умови їх зберігання, розчинність в різних розчинниках і особливості використання.
14. Основні металопрécurсори родію, умови їх зберігання, розчинність в різних розчинниках і особливості використання.
15. Основні металопрécurсори міді, умови їх зберігання, розчинність в різних розчинниках і особливості використання.
16. Вплив каталізатора на енергетичний профіль реакції. Кінетичні і термодинамічні параметри реакції на її енергетичному профілі.
17. Основні елементарні стадії каталітичних реакцій: окиснювальне приєднання, відновлювальне елімінування, переметалювання та інші.
18. Вплив електронних і стеричних властивостей ліганда-глядача на основні елементарні стадії каталітичних реакцій.

19. Вплив заміни аніону в металокомплексному каталізаторі на основні стадії каталітичних реакцій.
20. Фактори, що можуть впливати на активність гетерогенних каталізаторів.
21. Порівняльна характеристика лінії Шленка і глоубоксу для роботи в інертній атмосфері.
22. Особливості виділення і зберігання речовин, що чутливі до компонентів атмосферного повітря.
23. Відмінність аналізу чистоти металокомплексних каталізаторів від більшості органічних речовин.
24. Дані, які можна отримати за допомогою методів ядерно-магнітного резонансу, рентгенівських методи дослідження, елементного аналізу, мікроскопічних методів дослідження, спектрофотометрії. Межі застосування даних методів.
25. Особливості контролю якості гетерогенних каталізаторів.
26. Переваги і недоліки гетерогенного і гомогенного гідрування.
27. Каталітичний цикл реакції гомогенного гідрування за участі каталізатору Уілкінсона.
28. Принципи молекулярного дизайну для модифікації металокомплексного каталізатору на прикладі каталізаторів Уілкінсона, Осборна і Крабтрі.
29. Гомогенне гідрування у синтезі L-DOPA
30. Гомогенне гідрування у синтезі інверміктину.
31. Теоретичні засади асиметричного гідрування.
32. Каталітичний цикл реакції Сузукі-Міяури за участі тетракістрифенілфосфінпаладію.
33. Синтез прекаталізаторів Бухвальда G3 і механізм утворення каталітично активної частинки.
34. Стеричні і електронні особливості лігандів dppf і XPhos як приклад лігандного дизайну.
35. Фосфіни vs NHC-карбени: спільні і відмінні риси як лігандів-глядачів для паладій-вмісних каталізаторів реакцій крос-сполучення.
36. Приклади використання реакцій крос-сполучення в отриманні сполук-кандидатів II фази клінічних досліджень.
37. Теорія жорстких і м'яких кислот і основ в каталізі.
38. Вплив додавання кислот Льюїса на реакцію Дільса-Альдера.
39. Перехід від стехіометричних до каталітичних кількостей кислот Льюїса в органічному синтезі.
40. Гетерогенні кислоти Льюїса.
41. Особливості використання кислот Льюїса у воді.
42. Механізм переведення фотоактивних комплексів металів у збуджений стан за допомогою світла.
43. Відмінності іридій- і рутенійвмісних каталізаторів у фотокаталізі.
44. Приклади фотоокисновідновних реакцій за участі іридій- і рутенійвмісних каталізаторів.
45. Обладнання для проведення реакцій під дією світла.
46. Фотокаталізатори органічної природи.
47. Проблема використання сполук металів платинової групи в каталізі і загальні способи її подолання.
48. Особливості хімії 3d-елементів у порівнянні з більш важкими металами релевантно до сфери каталізу.
49. Порівняння комплексів нікелю і паладію в реакції Сузукі-Міяури.
50. Пролін як органічна хіральна кислота Льюїса в реакції Дільса-Альдера.