

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Навчально науковий інститут високих технологій
Кафедра супрамолекулярної хімії**



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора
з навчальної роботи

Галина ГРАБЧУК

«24» травня 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Елементоорганічна хімія

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань

10 Природничі науки

(шифр і назва)

спеціальність

102 Хімія

(шифр і назва спеціальності)

освітній рівень

Магістр

(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)

освітня програма

Високі технології (Хімія та наноматеріали)

(назва освітньої програми)

вид дисципліни

обов'язкова

Форма навчання

денна

Навчальний рік

2022/2023

Семестр

перший

Кількість кредитів ECTS

4

**Мова викладання, навчання
та оцінювання**

українська

Форма заключного контролю

залік

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)

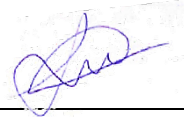
на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

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

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Зав. кафедри



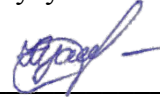
_____ (Рябухін С.В.)

(підпис, прізвище та ініціали)

Протокол № 7 від «19» серпня 2022 року

Схвалено науково - методичною комісією Інституту високих технологій
Протокол 1 від «09» вересня 2022 року

Голова науково-методичної комісії



_____ (Русінчук Н.М.)

ВСТУП

1. Мета дисципліни :

Ознайомлення студентів з предметом елементорганічної хімії, яка є невід'ємною частиною сучасної індустрії та знаходиться на межі між класичними дисциплінами, такими як органічна та неорганічна хімія. Створення теоретичної бази для розуміння будови, властивостей та реакційної здатності елементоорганічних сполук (ЕОС) на основі фундаментальних знань щодо властивості зв'язку вуглець – елемент. Ознайомлення студентів з використанням ЕОС у промисловості, техніці, побуті та пов'язана з нею проблема безпеки.

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

Ця дисципліна обмежується розглядом лише похідних ЕОС з елементами основних груп (S-блок, групи 1 та 2; та р-блок, групи 13-15) та частково групи 11 та 12, що є найбільш поширеними в сучасній синтетичній хімії. Курс поділяється на розділи. У першому розділі після викладення історії виникнення напряму та його впливу на теорію хімічної будови молекулярних систем основна увага приділяється теоретичним засадам природи хімічних зв'язків у ЕОС та теоретичним основам стереохімії ЕОС. Також у цьому блоці дається узагальнена інформація щодо використання ЕОС у промисловості, техніці та побуті. У другому розділі систематично розглядаються методи синтезу, властивості та застосування у синтетичній хімії ЕОС: 1 група: Li; 2 група: Mg; 11 група: Cu; 12 група: Zn, Cd; 13 група: В; 14 група: Si, Sn; 15 група: Р.

4. Завдання (навчальні цілі)

Навчання дисципліні має на меті розвивати у студентів такі компетентності:

ІК. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі професійної діяльності або у процесі навчання в новому або незнайомому середовищі, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов та вимог.

ЗК1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності

ЗК2. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

ЗК3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК5. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність), а також формулювати судження, маючи неповну або обмежену інформацію.

ЗК7. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій в хімічних дослідженнях та професійній діяльності.

ЗК8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК9. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК10. Здатність спілкуватися англійською та (за можливості) іншою іноземною мовою, як усно, так і письмово.

ЗК11. Здатність нести етичну відповідальність за дії, пов'язані із застосуванням власних знань та суджень.

ЗК12. Здатність працювати автономно, брати участь у командній роботі, здійснювати проектну діяльність під керівництвом.

ЗК14. Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел проблем:

ФК1. Здатність використовувати закони, теорії та концепції хімії у поєднанні із відповідними математичними інструментами для опису природних явищ.

ФК2. Здатність будувати адекватні моделі хімічних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, в тому числі з використанням методів молекулярного, математичного і комп'ютерного моделювання.

ФК3. Здатність організовувати, планувати та реалізовувати хімічний експеримент.

ФК4. Здатність інтерпретувати, об'єктивно оцінювати і презентувати результати свого дослідження.

ФК5. Здатність застосовувати методи комп'ютерного моделювання для вирішення наукових, хіміко-технологічних проблем та проблем хімічного матеріалознавства.

ФК6. Здатність здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх із уже наявними.

ФК7. Здатність дотримуватися етичних стандартів досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (академічна доброчесність, ризики для людей і довкілля тощо).

ФК8. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в галузі хімії, вибирати напрями та відповідні методи для їх розв'язання на основі розуміння сучасної проблематики досліджень в галузі хімії та беручи до уваги наявні ресурси.

ФК9. Здатність обирати оптимальні методи та методики дослідження.

ФК10. Володіння загальною методологією здійснення наукового дослідження.

ФК11. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в галузі хімії, вибирати належні напрями та відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси.

ФК12. Розуміння етичних стандартів досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (наукова доброчесність).

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 каталізом.	Лекції	Контрольні роботи	20%
	1.2. Сучасну проблематику дизайну та синтезу каталізаторів. Основні напрями 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
--------------------------------	-------------------------------	---	---	---	---

P1. Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.	+	+	+	+
P2. Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої у ході магістерської програми, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.	+	+	+	+
P3. Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії.	+	+		+
P4. Синтезувати хімічні сполуки із заданими властивостями, аналізувати їх і оцінювати відповідність заданим вимогам.	+	+		+
P5. Володіти методами комп'ютерного моделювання структури, параметрів і динаміки хімічних систем.		+	+	+
P6. Знати методологію та організації наукового дослідження.				
P7. Вільно спілкуватися англійською та (за можливості) іншою іноземною мовою з професійних питань, усно і письмово презентувати результати досліджень з хімії іноземною мовою, брати участь в обговоренні проблем хімії.			+	
P8. Вміти ясно і однозначно донести результати власного дослідження до фахової аудиторії та/або нефаківців.			+	
P9. Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи відповідні методи та інструменти роботи з даними.	+	+	+	+
P10. Планувати, організовувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.		+	+	+
P11. Складати технічне завдання до проекту, розподіляти час, організовувати свою роботу і роботу колективу, складати звіт.	+	+	+	+
P12. Оцінювати ризики у професійній діяльності та здійснювати запобіжні дії.			+	+
P13. Аналізувати наукові проблеми та пропонувати їх вирішення на абстрактному рівні шляхом декомпозиції їх на складові, які можна дослідити окремо.	+	+	+	+
P14. Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.	+	+	+	+
P15. Володіння загальною методологією здійснення наукового дослідження.	+	+		
P16. Використовувати інформаційно-комунікаційні технології для вирішення загальних професійних задач.	+	+	+	+
P17. Працювати з хімічними та біологічними базами даних.	+	+		

P18. Проводити молекулярний дизайн каталізаторів, фотопровідних полімерних композитів та колоїдних розчинів наноматеріалів.	+	+		
P19. Проводити швидкий синтез та комп'ютерну генерацію різних структурно споріднених біологічно активних сполук чи матеріалів для високопродуктивного біологічного скринінгу одержаних речовин.	+	+		+
P20. Знати основні принципи виведення на ринок нового фармацевтичного препарату.	+	+	+	+
P21. Знати основні принципи роботи напівпровідникових хімічних сенсорів на основі наноматеріалів та розуміти алгоритми їх створення	+	+	+	+

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 «Елементоорганічна хімія». Загальні поняття. Органічні сполуки, неорганічні сполуки, елементоорганічні сполуки, фосфорорганічні сполуки. Місце хімії елементоорганічних сполук в ряду інших хімічних дисциплін. Загальні і специфічні властивості органічних і елементоорганічних сполук. Відкриття та практичне застосування елементоорганічних сполук. Подібність та відмінність органічних та елементоорганічних молекул. Хімічна зброя, хемофобія, лікарські засоби на основі ЕОС.	2		
	Практичне заняття. Причини хемофобії щодо ЕОС на прикладі		2	

	хімічної зброї та антидетонаційних сполук.			
	Самостійна робота. Літературний аналіз ЕОС, що знайшли використання та були впроваджені у промисловості за останні 5 років.			8
2	Тема 2. Природа хімічних зв'язків у ЕОС, реакційна здатність ЕОС та основи стереохімії ЕОС. Гібридні орбіталі та принципи їх використання у теорії хімічної будови. Гіпервалентність. Електронегативність та групова електронегативність. Класифікація типів хімічних зв'язків у ЕОС. Кратні зв'язку елемент-вуглець та елемент-елемент. Багатоцентрові зв'язки. Симетрія молекул та її використання в теорії хімічної будови ЕОС. Хімічні зв'язки в електронodefіцитних молекулах (на приклади найпростіших і поліедричних гідридів бору та карборанів).	2		
	Практичне заняття. Розгляд термодинамічної та кінетичної стабільності ЕОС на прикладі найпростіших сполук типу E(CH ₃) _n .		2	
	Самостійна робота. Аналіз структурного різноманіття ЕОС.			8
3	Тема 3. Органічні похідні літію та магнію. Отримання, будова, властивості та застосування у синтетичній хімії.	2		
	Практичне заняття. Комерційна доступність, контроль якості, правила зберігання та техніка безпеки при роботі з органічними похідними літію та магнію.		2	
	Самостійна робота. Новітні реагенти на основі літій та магнійорганічних сполук (основи Шлессера, реагенти типу «турбо-Гриньяру», «турбо-Хаузера» та інші).			8
4	Тема 4. Органічні похідні цинку та міді. Отримання, будова, властивості та застосування у синтетичній хімії.	2		
	Практичне заняття. Комерційна доступність, контроль якості, правила зберігання та техніка безпеки при роботі з органічними похідними цинку.		2	
	Самостійна робота. Використання цинкорганічних сполук у сучасних реакціях крос-сполучення.			8
5	Тема 5. Бороорганічні сполуки 1. Класифікація бороорганічних сполук. Фізико-хімічні характеристики основних типів бороорганічних похідних та їх методи синтезу. Класичні методи отримання. Гомологізація за Маттесоном. Реакція Барлуенго-Вальдеса. Отримання алкілборонових похідних з використанням вільних алкіл радикалів	2		
	Практичне заняття. Методи ідентифікації та спектральні властивості бороорганічних сполук. Спектроскопія ¹¹ B ЯМР.		2	
	Самостійна робота. Карборани, металокарборани, одержання, властивості. Основні типи карборанів. Ікосаедричні карборани, основні реакції			8
6	Тема 5. Бороорганічні сполуки 2. Використання бороорганічних сполук у тонкому органічному синтезі. Карбонілювання, аліл/кротилборилування, реакція Сузукі, Реакція Петасіса бороно-Маніха, реакція Чен-Лама, Фоторедокс Ir/Ni-каталізоване крос-сполучення.	2		
	Практичне заняття. Використання бороорганічних сполук у медичній хімії та органокаталізі.		5	
	Самостійна робота. Аналіз промислових процесів отримання лікарських засобів з використанням бороорганічних сполук, що були розроблені за останні 5 років.			4
7	Тема 7. Органічні похідні сіліцію. Отримання, будова, властивості та застосування у синтетичній хімії.	2		
	Практичне заняття. Використання органічних похідних сіліцію як відновників, захисних груп, кислот Льюїса та водовіднімаючих		2	

	реагентів. Перегоупування Бурка			
	<i>Самостійна робота.</i> Аналіз тотальних синтезів з використанням сіліційорганічних сполук, що були засновані на створенні / руйнуванні C-Si зв'язку.			8
8	<i>Тема 8. Органічні похідні стануму.</i> Отримання, будова, властивості та застосування у синтетичній хімії.	2		
	<i>Практичне заняття.</i> Стануморганічні сполуки як реагенти. SnAP-реагенти. Порівняння поведінки стануморганічних реагентів з відповідними аналогами на основі сіліцію та германію.		2	
	<i>Самостійна робота.</i> Аналіз тотальних синтезів з використанням стануморганічних сполук, які були використані як нуклеофіли для створення C-C зв'язку.			8
9	<i>Тема 9. Фосфорорганічні сполуки 1.</i> Класифікація фосфорорганічних сполук. Фізико-хімічні характеристики основних типів фосфорорганічних похідних та їх методи синтезу. Загальні принципи асиметричного синтезу та стереохімії фосфорорганічних сполук. Хірально дериватизуючі агенти. Визначення абсолютної конфігурації. Метод Мошера. Мультистереоселективність, подвійна асиметрична індукція. Асиметричний синтез Р-хірогенних сполук.	2		
	<i>Практичне заняття.</i> Методи ідентифікації та спектральні властивості фосфорорганічних сполук. Спектроскопія ³¹ P ЯМР.		2	
	<i>Самостійна робота.</i> Аналіз літератури щодо синтезу широкоживаних фосфорорганічних реагентів та фосфінових лігандів для металокомплексного каталізу			8
10	<i>Тема 10. Фосфорорганічні сполуки 2.</i> Використання бороорганічних сполук у тонкому органічному синтезі. Реакції Віттіга (з модифікацією Шлессера), Хорнера-Віттіга, Хорнера-Уодсворта-Еммонса (з модифікацією Стілла-Дженнарі), Корі-Вінтера, Штаудінгера, Міцунобу, Аппеля, Корі-Фухса, Сейферта-Гілберта.	2		
	<i>Практичне заняття.</i> Каталітичні варіанти реакцій, що засновані на використанні похідних трифенілфосфіну.		2	
	<i>Самостійна робота.</i> Аналіз літератури щодо використання фосфорорганічних сполук у медичній та агрохімії.			8

Загальний обсяг 120 год., в тому числі:

Лекції – 20 год.

Практичні заняття – 20 год.

Самостійна робота - 80 год.

9. Рекомендовані літературні джерела:

Основна:

[1] Elschenbroich, Ch. Organometallics / Ch. Elschenbroich. – Wiley-VCH, 2006. – 804 p.

10. Контрольні запитання до курсу:

1. Область хімії ЕОС, її місце серед інших хімічних дисциплін. Відкриття, застосування, значення ЕОС.
2. Типи зв'язків в органічних та елементоорганічних молекулах.
3. Багатоцентрові зв'язки в ЕОС.
4. Проблема зв'язку в ЕОС у світлі відмінності в електронегативності елементів; залежність від становища групи і періоді.
5. Групова електронегативність.
6. Кратні зв'язки вуглець - елемент, елемент – елемент.

7. Електронна та просторова структура ЕОС як функція положення елемента у Періодичній системі.
8. Принцип ізолабальної аналогії та проблема простих та кратних зв'язків у елементоорганічній хімії.
9. Багатоцентрові багатоелектронні зв'язки, концепція гіпервалентності.
10. Металоорганічні нуклеофіли.
11. Літій-галоген обмін.
12. Літій-гідроген обмін.
12. Реакція Шапіро.
13. DoM реакції.
14. Залежність реакційної здатності органолітієвих сполук від ступеня їх агрегації.
15. Титриметричні методи контролю якості органолітієвих похідних.
16. Отримання реактивів Гріньяру, вплив розчинника, рівновага Щленка.
17. Будова реактивів Гріньяру.
18. Реакційна здатність реактивів Гріньяру до широкоживаних функціональних груп.
19. Турбо реагенти Гріньяру.
20. Турбо основи Хаузера.
21. Будова цинкорганічних сполук.
22. Реакція Реформатського.
23. Реакція Сіммонса-Сміта.
24. Реагенти Гілмана.
25. Порівняння реакційної здатності Mg, Zn та Cu-органічних сполук.
26. Гідроборонування алкенів та алкінів.
27. Синтез sp²-гібридизованих бороорганічних сполук.
28. MIDA-боронати
29. Солі Моландера.
30. Боронилування із використанням BCl₃.
31. Синтез алкенів в E- та Z-конфігурації з використанням бороорганічних сполук.
32. Реакція Сузукі.
33. Реакція Барлуенго-Вальдеса.
34. Гомологезація за Матесоном.
35. Синтез амідів, що каталізується бороновими кислотами.
36. Процес Мюллера-Рошоу.
37. Триметилхлорсилан як реагент у органічному синтезі.
38. Гідросилілювання.
39. Аллілювання по Хосомі-Сакураї.
40. Окиснення за Тамао-Флемінгом.
41. Реакція Стілле.
42. Деоксигенування за Бартоном-МакКомби
43. Реакція Дауда-Беквіта
44. SnAP-реагенти.
45. Конфігураційна стабільність стануморганічних сполук.
46. Сполуки трикоординованого фосфору ($\sigma^3 \lambda^3$).

47. Кислоти фосфору вищого ступеня окиснення ($\sigma^4 \lambda^5$).
48. Гідрофосфорильні сполуки, таутомерія. Використання в органічному синтезі. Приєднання Р-Н сполук до кратних С=C та С=О зв'язків.
49. Реакції нуклеофільного заміщення при тетраедричному атомі фосфору. Роль d-орбіталей.
50. Характер зв'язку С=P в фосфінометиленах.
51. Реакції Віттіга (з модифікацією Шлессера), Хорнера-Віттіга, Хорнера-Уодсворта-Еммонса (з модифікацією Стілла-Дженнарі)
52. Реакції Мітсунобу та Апеля.
53. Реакції Корі-Фухса та Сейферта-Гілберта.