

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Навчально науковий інститут високих технологій**

**Кафедра супрамолекулярної хімії**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Заступник директора  
з навчальної роботи

**Гrabчук Г.П.**

71/15

«24» 05

2022 року



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Сучасні аспекти супрамолекулярної хімії**

*(повна назва навчальної дисципліни)*

**для здобувачів наукового ступеня доктор філософії**

галузь знань           10 Природничі науки  
*(цифр і назва)*

спеціальність        **102 Хімія**  
*(цифр і назва спеціальності)*

освітній рівень      **третій освітньо-науковий**  
*(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)*

освітня програма    **"Молекулярний дизайн та синтез"**  
*(назва освітньої програми)*

**вид дисципліни**    **вибіркова**

<b>Форма навчання</b>	<u>очна (денна), заочна</u>
<b>Навчальний рік</b>	<u>2022/2023</u>
<b>Курс – 2, півріччя - 2</b>	
<b>Кількість кредитів ECTS</b>	<u>4</u>
<b>Мова викладання, навчання та оцінювання</b>	<u>українська</u>
<b>Форма заключного контролю</b>	<u>іспит</u>

**Викладач:** д.х.н., проф. Роженко О.Б.

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

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ («\_\_\_» \_\_\_ 20\_\_ р.  
*(підпис, ПІБ, дата)*)

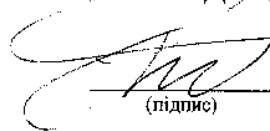
на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ («\_\_\_» \_\_\_ 20\_\_ р.  
*(підпис, ПІБ, дата)*)

**КИЇВ – 2022**

**Розробник:** д.х.н. Роженко О.Б. професор ННІ високих технологій

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

Зав. кафедри Рябухін С.В.

  
(підпис)

(прізвище та ініціали)

Протокол № 7 від « 18 » 10 2022 року

Схвалено науково - методичною комісією ННІ високих технологій

Протокол № 4 від « 17 » 05 2022 року

Голова науково-методичної комісії

  
(підпис)

  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

### 1. Мета дисципліни :

Закріпити знання із основних принципів природи та хімічної будови супрамолекулярних аддуктів та факторів, що визначають їх стабільність; сучасних підходів до їх синтезу та застосування в лабораторній практиці, хімічному каталізі, медицині, в конструюванні сучасних матеріалів та альтернативних джерела енергії тощо; надати уявлення про сучасний рівень конструювання та функціонування молекулярних пристроїв та машин; навести приклади новітніх технологій у цій галузі, сучасних розробок, сформулювати перспективи подальшого розвитку галузі.

### 2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

*Докторант повинен знати:*

науково-теоретичний та практичний матеріал навчальних дисциплін, які викладаються студентам освітнього рівня «Бакалавр» та «Магістр».

*Докторант повинен вміти:*

цілеспрямовано підходити до завдання досліджень, самостійно застосовувати знання з фізичної, органічної та біохімії, спектральних методів та рентгеноструктурного аналізу та ін. дисциплін, виконувати лабораторні та практичні роботи, добре володіти методами статистичного аналізу елементарними навичками роботи з матеріалами та обладнанням, що використовуються в хімічних лабораторіях, працювати з науково-методичною літературою.

### 3. Анотація навчальної дисципліни

Супрамолекулярна хімія включає елементи органічного та неорганічного синтезу, фізичної хімії, координаційної хімії та біохімії. Супрамолекулярна хімія – це міждисциплінарний підхід до розуміння та контролю міжмолекулярних взаємодій у хімії, молекулярній біології та фізиці. Молекули утворюються шляхом ковалентного зв'язування атомів. Утворення ж супрамолекулярних ансамблів часто відбувається за рахунок нековалентних, слабких взаємодій. Ці взаємодії часто є високоспецифічними, бо в основі їх лежить явище розпізнавання. Іншими характерними для супрамолекулярної хімії процесами є зміна властивостей системи при специфічному зв'язуванні з іншими молекулами (реакційна здатність) та при дії зовнішніх чинників – опромінювання, зміни рН, окиснення/відновлення (молекулярні пристрої та механізми); можливість специфічного перенесення молекул через мембрани (транспорт лікарських засобів); реакції між молекулами в ансамблі (каталіз), а також процеси, аналогічні тим, що проходять в біологічних системах.

### 4. Завдання (навчальні цілі)

Навчання дисципліни має на меті розвивати у докторантів 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.

ЗК4. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

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.

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).

ФК3. Здатність аналізувати отримані результати, презентувати їх фахівцям у даній галузі, оформлювати наукові статті та науково-технічні звіти.

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.	<b>Знати:</b> 1.1. основні класи супрамолекулярних сполук та матеріалів.	Лекції	Контрольні роботи	20%
	1.2. принципи приготування та використання супрамолекулярних сполук та матеріалів в хімічних лабораторіях та на виробництві.	Лекції	Контрольні роботи	20%
2.	<b>Вміти:</b> 2.1. розпізнавати типи міжмолекулярних взаємодій в супрамолекулярних продуктах та матеріалах.	Практичні заняття, Самостійна робота	Контрольні роботи	15%
	2.2. розв'язувати задачі із супрамолекулярного дизайну, ідентифікації та планування синтезу супрамолекулярних сполук та матеріалів.	Практичні заняття, Самостійна робота	Контрольні роботи	15%
3.	<b>Комунікація:</b> 3.1. давати обґрунтовані відповіді на питання викладача; отримати навички правильно формулювати свою думку, позицію та висновки.	Лекції, Практичні заняття	Контрольні роботи	20%
4.	<b>Автономність та Відповідальність:</b> 4.1. самостійно працювати з матеріалами лекцій, навчально-методичною та науковою літературою, здійснювати пошук науково-технічної інформації, самостійно аналізувати пройдений матеріал, використовуючи всі перераховані вище джерела.	Самостійна робота	Контрольні роботи	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, формулювати 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 проектів.			+	+	+
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 формулювати 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 проектів, 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. Контрольна робота 1 – РН 1. – 10 балів
2. Контрольна робота 2 – РН 1. – 10 балів
3. Контрольна робота 3 – РН 1. – 10 балів
4. Поточне усне опитування - РН 1 – 10 балів
2. Модульна контрольна робота – РН 2. – 20 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 докторантом, становить 40 балів.

#### - умови допуску до підсумкового іспиту:

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

### 7.2 Організація оцінювання:

Модульна контрольна робота проводяться після завершення лекцій з відповідних розділів. Проміжне тестування проводиться упродовж лекційного курсу. Оцінювання роботи докторанта 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	<i>Тема 1. Вступ до курсу «Супрамолекулярна хімія».</i> Визначення терміну «Супрамолекулярна хімія». Особливі риси супрамолекулярних аддуктів: кооперативне зв'язування, самоасоціація, розпізнавання, селективність. Принцип компліментарності. Завдання супрамолекулярної хімії. Умови утворення супрамолекулярних аддуктів. Основні види взаємодій в хімії. Клатрати. Інтеркалати. Термодинаміка процесів супрамолекулярної асоціації. Попередня організація та енергія приготування. Типи супрамолекулярних комплексів.	2		
	<i>Самостійна робота.</i> Базові поняття супрамолекулярної хімії.			10
2	<i>Тема 2. Краун-етери та структурно подібні сполуки.</i> Краун-етери, типи та номенклатура. Синтез та комплекси. Практичне застосування. Поданти. Аза-краун-етери, їх синтез. Тіа- та селе-на-	2		

	краун-етери, особливості їх застосування. Хіральні краун-етери. Криптанди, сферанди, їх синтез та застосування.			
	<b>Самостійна робота.</b> Методи синтезу краун-етерів.			<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Тема 3. Каліксарени та пілларарени.</b> Синтез та конформації каліксаренів. Каліксарени: комплекси типу «господар-гість». Хімічна модифікація каліксаренів по верхньому, нижньому вінцях та по остову. Рецептори для катіонів та аніонів. Темплатний ефект та утворення капсульних аддуктів. Кавітанди. Спектральна ідентифікація комплексоутворення. Особливості реакційної здатності циклофанів та піллараренів.	<b>2</b>		
	<b>Самостійна робота.</b> Методи синтезу та модифікації каліксаренів, кавітандів та піллараренів.			<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Тема 4. Циклодекстрини та кукурбітурили.</b> Отримання. Особливості структури та здатності до комплексоутворення. Хімічні модифікації. Цикло-декстрини в ротаксанах та катенанах. Приклади селективності при утворенні аддуктів з циклодекстринами. Практичне застосування. Кукурбітурили: синтез, особливості структури та здатності до комплексоутворення в залежності від розміру порожнини. Селективність по відношенню до молекули-гостя. Флуоресцентні рецептори на основі каліксаренів та кукурбітурилів. Комплекси кукурбітурилів з катіонами металів. Спектральна індикація стехіометрії аддуктів: криві Джобса. Визначення кон-стант стійкості аддуктів. Кукурбітурили як засоби доставки лікарських засобів.	<b>2</b>		
	<b>Практичне заняття 1.</b> Практичне застосування циклодекстринів та кукурбітурилів.		<b>1</b>	
	<b>Самостійна робота.</b> Методи синтезу та модифікації циклодекстринів та кукурбітурилів.			<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Тема 5. Ротаксани, псевдоротаксани та катенани. Молекулярні пристрої та машини.</b> Методи отримання: стабілізація проміжних псевдоротаксанів за рахунок водневого зв'язування, катіон,π- та π,π-взаємодій, комплексоутворення з катіонами металів. Застосування ротаксанів та катенанів: молекулярні м'язи, машини, керовані логічні елементи тощо. Молекулярна антена та перетворювач енергії. Молекулярні «шестерні», «колеса», «мотори», «шатли», «машини». Типи зовнішнього впливу: хімічний, електрохімічний, фотохімічний, сольватаційний.	<b>2</b>		
	<b>Практичне заняття 2.</b> Методи синтезу ротаксанів, псевдоротаксанів та катенанів.		<b>1</b>	
	<b>Самостійна робота.</b> Підготовка презентації про молекулярну машину для практичних занять.			<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Тема 6. Алотропні форми атома карбону.</b> Фулерени, їх типи. Синтез та фізичні властивості фулеренів, їх хімічна функціоналізація. Структури типу onion («цибуля») та reaperods («стручок гороху»). Застосування фулеренів. Рецептори для фулеренів. Полімери на основі фулеренів. Застосування електронної мікроскопії для дослідження супрамолекулярних структур. Нанотрубки, типи нанотрубок, їх хімічна функціоналізація. Гібриди нанотрубок з фулеренами. Графен, отримання графену із графіту. Ковалентна та нековалентна функціоналізація графену. Взаємозв'язок між алотропними формами карбону.	<b>2</b>		
	<b>Практичне заняття 3.</b> Розв'язування задач з розпізнавання типів міжмолекулярних взаємодій та підбору оптимальних пар мішень-субстрат.		<b>1</b>	
	<b>Самостійна робота.</b> Нанотрубки, фуллерени, графени – властивості і застосування.			<b>10</b>

7	<b>Тема 7. Дендримери.</b> Стратегії синтезу дендримерів. Полімери на основі дендримерів. Дендримери як молекули-гості. Дендримери на основі катіонів металів та кремнію. Хіральні дендримери. Флуоресцентні дендримери, принцип «енергетичної лійки». Застосування дендримерів.	2		
	<b>Самостійна робота.</b> Методи синтезу дендримерів.			10
8	<b>Тема 8. Металоорганічні комірки, каркаси та супрамолекулярний каталіз.</b> Ідея штучного ензиму. Каталіз за рахунок координації субстратів в порожнинах органічних молекул. Енантіоселективний каталіз: фотоконтроль, вплив природи розчинника, рН. Неорганічний каталіз: керована структура каталізатора, молекулярні реактори. Самоорганізація структури каталізатора. Хіральні металоцикли для асиметричного каталізу. Метал-органічні каркаси (MOF): основні принципи побудови, властивості та застосування.	2		
	<b>Практичне заняття 4.</b> Розв'язування задач з розпізнавання типів міжмолекулярних взаємодій та підбору оптимальних пар мішень-субстрат.		1	
	<b>Самостійна робота.</b> Розв'язування задач з розпізнавання типів міжмолекулярних взаємодій та підбору оптимальних пар мішень-субстрат.			10
9	<b>Тема 9. Ван-дер-Ваальсові взаємодії.</b> Сили Лондона, Дебая та Кесома. Дисперсійні взаємодії проти стеричного відштовхування. $\pi, \pi$ -Взаємодії. Галогенові зв'язки. Амфифільні молекули – поверхнево активні речовини. Міцели, ліпосоми, подвійний шар. Міжмолекулярні взаємодії в біології: самоорганізація, розпізнавання, каталіз.	2		
	<b>Самостійна робота.</b> Міжмолекулярні взаємодії			10
10	<b>Самостійна робота. Підготовка до модульної контрольної роботи</b>			6

Загальний обсяг 120 год., в тому числі:

Лекції – 18 год.

Практичні – 4 год.

Консультації – 2 год.

Самостійна робота - 96 год.

#### 9. Рекомендовані літературні джерела:

##### Основна:

- [1] J. W. Steed, J. L. Atwood Supramolecular Chemistry, Wiley-VCH; 2nd edition (9 January 2009), ISBN:9780470512333, Online ISBN:9780470740880, DOI:10.1002/9780470740880.  
 [2] В. Пивоваренко. Основи супрамолекулярної хімії. Рукопис, частина 1.  
 [3] J.-M. Lehn Supramolecular Chemistry: Concepts and Perspectives. Wiley-VCH; 1st edition (June 1, 1995), ISBN:9783527293124; Online ISBN:9783527607433; DOI:10.1002/3527607439.

##### Додаткова:

- [4] J. W. Steed, J. L. Atwood. Supramolecular Chemistry, 3-rd edition. Wiley, 2022.  
 [5] J. W. Steed, D. R. Turner, K. J. Wallace, Core Concepts in Supramolecular Chemistry and Nanochemistry. Wiley, 2007.  
 [6] P. J. Cragg. A Practical Guide to Supramolecular Chemistry. Wiley, 2005.

#### Контрольні запитання до курсу:

1. Дайте визначення поняттю «супрамолекулярна хімія».
2. Які види взаємодій відносяться до нековалентних? Оцініть їх енергії.
3. Назвіть типи супрамолекулярних аддуктів в залежності від положення молекули-гостя по відношенню до молекули-господаря.



4. Наведіть приклади супрамолекулярних аддуктів, які утворюються за рахунок водневих зв'язків, катіон-дипольних взаємодій,  $\pi, \pi$ -взаємодій.
5. Що таке енергія підготовки (preparation energy) і який її внесок в загальну стабільність аддуктів?
6. Що таке компліментарність?
7. Як ви розумієте селективність, розпізнавання, самоасоціацію в супрамолекулярній хімії?
8. За рахунок яких взаємодій утворюються клатрати?
9. Де зустрічаються клатрати-газові гідрати на планеті і які проблеми з ними пов'язані?
10. Які клатрати утворює (тіо)сечовина? За рахунок яких взаємодій вони утворюються?
11. Які взаємодії стабілізують інтеркалати?
12. Дайте визначення краун-етерам та наведіть їх класифікацію.
13. Охарактеризуйте стабільність комплексів краун-етерів з катіонами лужних металів в залежності від розміру краун-етерів.
14. Які відомі вам способи синтезу краун-етерів?
15. Як використовується темплатний ефект в синтезі краун-етерів?
16. Що таке поданти і чому вони утворюють менш стабільні аддукти, ніж краун-етери?
17. Що таке криптанди і чому їх аддукти з катіонами лужних металів стабільніші, ніж комплекси з краун-етерами?
18. Методи синтезу криптандів.
19. Наведіть приклад застосування краун-етерів та криптандів в лабораторній практиці.
20. Наведіть приклад хірального краун-етеру та його можливого застосування в органічному синтезі.
21. Що таке сферанди і де вони застосовуються?
22. Охарактеризуйте особливості будови та властивості окремих зон в каліксаренах (верхній та нижній вінці, внутрішня порожнина).
23. Які ви знаєте конформації каліксаренів? Як можна стабілізувати певну конформацію?
24. Наведіть приклади синтезу каліксаренів.
25. Чим резорцинарен відрізняється від каліксарену?
26. Чим калікс[4]арен відрізняється від калікс[6]арену? Чим відрізняються їх властивості?
27. Наведіть приклади хімічної модифікації каліксаренів по верхньому та нижньому вінцях, метиленових містках та остову.
28. Наведіть приклади хімічної модифікації каліксаренів, яка робить їх придатними для взаємодії з катіонами та аніонами.
29. Порівняйте структуру каліксарену із структурою пілларарену та циклофану. Як їх структура впливає на їх властивості як молекул-господарів?
30. Наведіть приклад супрамолекулярного аддукту на основі каліксарену.
31. Як темплатний ефект сприяє утворенню аддуктів каліксарену у вигляді капсул?
32. Що таке кавітанди і чим їх властивості відрізняються від відповідних каліксаренів?
33. Як змінюються властивості каліксаренів при введенні довгих алкільних ланцюгів на нижньому вінці?
34. Що таке циклодекстрини і як їх отримують?
35. Поясніть різницю між  $\alpha$ -,  $\beta$ - та  $\gamma$ -циклодекстринами. Як це впливає на здатність до утворення аддуктів з молекулами-гостями?
36. Охарактеризуйте особливості будови та властивості окремих зон в циклодекстринах (верхній та нижній вінці, внутрішня порожнина).
37. Наведіть класифікацію циклодекстринів за кількістю залишків глюкози. Як їх одержують?
38. Охарактеризуйте сполуки включення, що утворюються циклодекстринами. Який їхній склад?
39. Які комплекси включення утворюють циклодекстрини? Чим визначається селективність при утворенні таких аддуктів?

40. Опишіть використання циклодекстринів у хроматографії.
41. Опишіть галузі промислового застосування циклодекстринів.
42. Які сполуки називають кукурбітурилами і чому?
43. Методи синтезу кукурбітурилів.
44. Наведіть класифікацію кукурбітурилів за розміром. Як їх одержують?
45. Як впливає розмір кукурбітурилів на їх здатність до комплексоутворення?
46. Як аддукти кукурбітурилів застосовуються в фармакології?
47. Поясніть принцип дії флуоресцентних індикаторів на основі каліксаренів та кукурбітурилів. Де вони застосовуються?
48. Як визначають стехіометрію супрамолекулярних аддуктів? Що таке криві Джобса і де вони застосовуються?
49. Які фізичні та спектральні методи застосовуються для визначення структури та складу супрамолекулярних аддуктів?
50. Наведіть приклади, як можна зафіксувати супрамолекулярний фрагмент на поверхні наночастинок золота або  $\text{SiO}_2$ ?
51. Як можна міняти гідрофільні-гідрофобні властивості наночастинок за рахунок зовнішніх чинників (опромінювання, зміни рН тощо).
52. Що спільного в структурі ротаксанів та катенанів і чим вони відрізняються?
53. Що таке псевдоротаксани і чим вони відрізняються від ротаксанів?
54. Які фактори сприяють утворенню (стабілізують) псевдоротаксани? Як це використовується в синтезі ротаксанів та катенанів?
55. Як перетворити псевдоротаксани в ротаксани та катенани?
56. Наведіть приклад молекулярного шатла на основі ротаксану. Які чинники використовуються для створення руху в молекулярних шатлах?
57. Як працюють молекулярні м'язи?
58. Наведіть приклад молекулярних шестерень та моторів на основі ротаксанів.
59. Наведіть приклади молекулярних пристроїв на основі катенанів.
60. Що таке молекулярна машина і як вона рухається по поверхні?
61. Які сполуки відносять до фулеренів і як їх отримують?
62. Що спільного і чим відрізняються фулерени та нано-трубки?
63. Які ви знаєте методи хімічної модифікації фулеренів та нано-трубок?
64. Практичне застосування фулеренів.
65. Чому для дослідження структури аддуктів на основі фулеренів та нано-трубок можна застосовувати електронну мікроскопію?
66. Які типи нано-трубок ви знаєте?
67. Що спільного і чим відрізняються нано-трубки та графен?
68. Як отримують графен?
69. Де застосовується графен?
70. Ковалентна та нековалентна функціоналізація графену.
71. Що таке дендримери і як їх отримують?
72. Які основні підходи до синтезу дендримерів ви знаєте?
73. В чому полягає принцип «електронної лійки»?
74. Застосування дендримерів.
75. В чому полягає ідея «штучного ензиму» і як її реалізувати? Які компоненти входять до складу супрамолекулярного каталізатора?
76. Що таке «молекулярний реактор»?
77. Як зробити супрамолекулярний каталізатор хіральним?
78. Які фактори визначають структуру та розміри пор в металоорганічних каркасах (MOF)?
79. Де застосовуються металоорганічні каркаси (MOF)?
80. Які компоненти входять до складу сил Ван-дер-Ваальса?
81. Зобразіть аддукт, що є результатом  $\pi, \pi$ -взаємодії двох молекул бензену.

82. Чому енергія  $\pi, \pi$ -зв'язування двох молекул бензену нижча, ніж енергія взаємодії молекул бензену і гексафторобензену?
83. За рахунок яких взаємодій здійснюється зріджування інертних газів при низьких температурах?
84. Галогенові зв'язки, їх природа та експериментальна ідентифікація.
85. Дисперсійна взаємодія між довгими алкільними ланцюгами.
86. Поверхнево активні речовини, загальний принцип будови.
87. Що таке міцели, ліпосоми, подвійний шар і за яких умов вони утворюються?
88. Взаємодія біологічної мішені із субстратом - умови утворення стабільного аддукту. Молекулярний докінг.