

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Навчально науковий інститут високих технологій

кафедра супрамолекулярної хімії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора

з навчальної роботи

Грабчук Г.П.

« \_\_\_ »

2022

року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Супрамолекулярна 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 (Хемоінформатика)

(назва освітньої програми)

вид дисципліни

обов'язкова

Форма навчання

денна

Навчальний рік

2022/2023

Семестр

другий

Кількість кредитів ECTS

3

Мова викладання, навчання  
та оцінювання

українська

Форма заключного контролю

екзамен

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., проф. Роженко О.Б.

**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 :

Ознайомлення студентів із основними принципами природи та хімічної будови супрамолекулярних адуктів та факторами, що визначають їх стабільність; сучасними підходами до їх синтезу та застосування в лабораторній практиці, хімічному каталізі, медицині, в конструюванні сучасних матеріалів та альтернативних джерела енергії тощо; оволодіння студентами основними фізичними та спектральними методами ідентифікації та дослідження структури супрамолекулярних адуктів; отримання ними уявлення про сучасний рівень конструювання та функціонування молекулярних пристроїв та машин.

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

*Студент повинен знати:*

*фундаментальні основи загальної, неорганічної та органічної хімії, теорії хімічного зв'язку, а також основ фізичних та спектральних методів дослідження.*

*Студент повинен вміти:*

*користуватися сучасними електронними Інтернет-ресурсами, що є у відкритому доступі, інтерпретувати електронні, ІЧ- та мас-спектри, спектри ЯМР.*

### 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 студентів такі компетентності:

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

ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт

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

ЗК14. Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформацій з різних джерел.

ФК3. Здатність організовувати, планувати та реалізовувати хімічний експеримент.

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.

### 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. надати обґрунтовані відповіді на питання викладача; отримати навички правильно формулювати свою думку, позицію та висновки.	Лекції, Практичні заняття	Контрольна робота	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	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	+	+		+
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.	+	+	+	
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.	+	+		+
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.		+	+	+

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання:

#### - семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 – РН 1. – 15 балів
2. Модульна контрольна робота 2 – РН 2. – 15 балів
4. Домашня робота (презентація). – РН 4. – 20 балів
5. Опитування під час лекцій та практичних занять – 10 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

<b>Відмінно</b> / Excellent	90-100
<b>Добре</b> / Good	75-89
<b>Задовільно</b> / Satisfactory	60-74
<b>Незадовільно</b> / 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	<b>Тема 1. Вступ до курсу «Супрамолекулярна хімія».</b> Визначення терміну «Супрамолекулярна хімія». Особливі риси супрамолекулярних адуктів: кооперативне зв'язування, самоасоціація,	2		

	розпізнавання, селективність. Принцип компліментарності. Завдання супрамолекулярної хімії. Умови утворення супрамолекулярних адуктів. Основні види взаємодій в хімії. Клатрати. Інтеркалати. Термодинаміка процесів супрамолекулярної асоціації. Попередня організація та енергія приготування. Типи супрамолекулярних комплексів.			
	<b>Самостійна робота.</b> Базові поняття супрамолекулярної хімії.			<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Тема 2. Краун-етери та структурно подібні сполуки.</b> Краун-етери, типи та номенклатура. Синтез та комплекси. Практичне застосування. Поданти. Аза-краун-етери, їх синтез. Тіа- та селена-краун-етери, особливості їх застосування. Хірально краун-етери. Криптанди, сферанди, їх синтез та застосування.	<b>2</b>		
	<b>Практичне заняття 1.</b> Методи синтезу краун-етерів.		<b>2</b>	
	<b>Самостійна робота.</b> Методи синтезу краун-етерів.			<b>6</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 адуктів. 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>6</b>
<b>4</b>	<b>Тема 4. Циклодекстрини.</b> Отримання. Особливості структури та здатності до комплексоутворення. Хімічні модифікації. Цикло-декстрини в ротаксанах та катенанах. Приклади селективності при утворенні адуктів з циклодекстринами. Практичне застосування.	<b>2</b>		
	<b>Практичне заняття 2.</b> Практичне застосування краун-етерів, циклодекстринів, каліксаренів та кавітандів.		<b>1</b>	
	<b>Самостійна робота.</b> Методи синтезу та модифікації циклодекстринів.			<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Тема 5. Кукурбітурили.</b> 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 адуктів: криві Джобса. Визначення кон-стант стійкості адуктів. Кукурбітурили як засоби доставки лікарських засобів.	<b>2</b>		

	<b>Практичне заняття 3.</b> Модульна контрольна робота №1.		<b>1</b>	
	<b>Самостійна робота.</b> Методи синтезу та застосування кукурбітурилів. Практичне застосування кукурбітурилів.			<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Тема 6. 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, керо-вані 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 4.</b> Методи синтезу ротаксанів, псевдоротаксанів та катенанів.		<b>1</b>	
	<b>Самостійна робота.</b> Підготовка презентації про молекулярну машину для практичних занять.			<b>6</b>
<b>7</b>	<b>Тема 7. Алотропні форми атома карбону.</b> Фулерени, їх типи. Синтез та фізичні властивості фулеренів, їх хімічна функціоналізація. Структури типу onion («цибуля») та reapods («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 5.</b> Розв'язування задач з розпізнавання типів міжмолекулярних взаємодій та підбору оптимальних пар мішень-субстрат.		<b>2</b>	
	<b>Самостійна робота.</b> Нанотрубки, фуллерени, графени – властивості і застосування.			<b>6</b>
<b>8</b>	<b>Тема 8. 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.	<b>2</b>		
	<b>Самостійна робота.</b> Методи синтезу дендримерів.			<b>6</b>
<b>9</b>	<b>Тема 9. Металоорганічні комірки, каркаси та</b>	<b>2</b>		

	<b>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.			
	<b>Практичне заняття 6.</b> Модульна контрольна робота №3.		2	
	<b>Самостійна робота.</b> Розв'язування задач з розпізнавання типів міжмолекулярних взаємодій та підбору оптимальних пар мішень-субстрат.			6
10	<b>Тема 10. Ван-дер-Ваальсові взаємодії.</b> Сили Лондона, Дебая та Ке-сума. Дисперсійні взаємодії проти стеричного відштовхування. $\pi, \pi$ -Взаємодії. Галогенові зв'язки. Амфіфільні молекули – поверхнево активні речовини. Міцели, ліпосоми, подвійний шар. Міжмолекулярні взаємодії в біології: самоорганізація, розпізнавання, каталіз.	2		
	<b>Практичне заняття 5.</b> Міжмолекулярні взаємодії в біології		1	
	<b>Самостійна робота.</b> Міжмолекулярні взаємодії в біології			6

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:

Лекції – 20 год.

Практичні – 10 год.

Самостійна робота - 60 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 адуктів в залежності від положення молекули-гостя по відношенню до молекули-господаря.
4. Наведіть приклади супрамолекулярних адуктів, 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 адуктів?
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 адукти, ніж краун-етери?
17. Що таке криптанди і чому їх адукти 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 адукту на основі каліксарену.
31. Як темплатний ефект сприяє утворенню адуктів 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 адуктів 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 адуктів?
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 адукти кукурбітурилів застосовуються в фармакології?
47. Поясніть принцип дії флуоресцентних індикаторів на основі каліксаренів та кукурбітурилів. Де вони застосовуються?
48. Як визначають стехіометрію супрамолекулярних адуктів? Що таке криві Джобса і де вони застосовуються?
49. Які фізичні та спектральні методи застосовуються для визначення структури та складу супрамолекулярних адуктів?
50. Наведіть приклади, як можна зафіксувати супрамолекулярний фрагмент на поверхні нано-частинок золота або SiO<sub>2</sub>?
51. Як можна міняти гідрофільні-гідрофобні властивості наночастинки за рахунок зовнішніх чинників (опроміювання, 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 катенатів.
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 адуктів 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 адукт, 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 адукту. Молекулярний докінг.