



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»

(ДВФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Красицкая С.Г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой Общей,  
неорганической и элементорганической  
химии



(подпись)

Капустина А.А.

« 05 » января 2021 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Супрамолекулярная химия

Направление подготовки **04.04.01 «Химия»**

Химическая инженерия (совместно с СИБУР)

Форма подготовки **очная**

курс 2 семестр 3

лекции 16 час.

практические занятия 16 час.

лабораторные работы 00 час.

в том числе с использованием МАО лек. 16 / пр. 0 / лаб. 0 час.

всего часов аудиторной нагрузки 32 час.

в том числе с использованием МАО 16 час.

самостоятельная работа 58 час.

в том числе на подготовку к экзамену 36 час.

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет не предусмотрен

экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки **04.04.01 «Химия»** утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 13 июля 2017 г. № 655

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры органической химии Школы естественных наук

« 05 » января 2021 г.

Заведующий кафедрой Капустина А.А.

Составитель (ли): д.х.н., профессор кафедры органической химии Акимова Т.И.

Владивосток

2021

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины:

Целью дисциплины «Супрамолекулярная химия» является приобретение знаний о наиболее актуальных направлениях исследований в современной теоретической и экспериментальной химии, о новых веществах и искусственных системах, позволяющих имитировать механические и биологические процессы.

Задачи:

- 1 – Формирование и закрепление знаний о закономерностях развития химической науки и понимание объективной необходимости возникновения новых направлений в науке;
2. - Формирование знаний о наиболее актуальных направлениях исследований в современной теоретической и экспериментальной химии;
- 3- Формирование и закрепление знаний о синтезе и исследовании веществ с новыми необычными свойствами.
4. - Формирование и закрепление знаний об искусственных системах, позволяющих имитировать механические и биологические процессы.

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Общепрофессиональные навыки	<b>ОПК-2.</b> Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	<b>ОПК-2.1.</b> Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно интерпретирует их <b>ОПК-2.2.</b> Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных собственных экспериментальных и расчетно-теоретических

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объекты или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (ПС, анализ иных требований, предъявляемых к выпускникам)
<b>Тип задач профессиональной деятельности: Научно-исследовательский</b>				
Осуществление научно-исследовательской деятельности по решению фундаментальных и прикладных задач химической направленности в составе научного коллектива	химические вещества, материалы, сырьевые ресурсы, источники информации профессиональной информации	ПК-1. - Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	<b>ПК-1-1.</b> Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий, <b>ПК-1-2.</b> Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя	Анализ опыта, ПС: 19.002 23.041 26.001 26.003 26.006 26.014 40.011 40.012 40.033

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА «СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ ХИМИЯ» (16 ЧАСОВ)**

**Интерактивные формы** составляют 16 часов лекций и включают в себя лекции визуализации, проблемные лекции, лекции-беседы.

**Раздел I. Предмет супрамолекулярной химии. Рецепторы, связывающие катионы (6 ч).**

**Тема 1. Основные понятия в супрамолекулярной химии, связь с классической химией (1 ч).** Предмет супрамолекулярной химии. Основные понятия в супрамолекулярной химии. Схема перехода от молекулярной к супрамолекулярной химии. Комплементарность и предорганизация. Классификация супрамолекулярных систем хозяин-гость. Природа супрамолекулярных взаимодействий.

**Тема 2. Рецепторы, связывающие катионы (2 часа).**

Краун-эфиры. Особенности синтеза: темплатный синтез, темплатирующие катионы; метод высокого разбавления. Свойства. Растворимость в полярных и неполярных растворителях. Использование в межфазном катализе. Эффект «обнаженного» иона. S, N- Гетерокраун-эфиры, методы синтеза. Поданды, криптанды, сферанды: методы синтеза, сравнительная способность к комплексообразованию. Факторы, влияющие на комплексообразование: строение, размер цикла, заряд иона, полярность среды. Термодинамический эффект.

**Тема 3. Виды молекулярного распознавания (2 часа):** сферическое, тетраэдрическое, линейное, центральное, латеральное, хиральное.

Тетраэдрический рецептор - «Футбольный мяч», связывание катиона ( $\text{NH}_4^+$ ), аниона ( $\text{Cl}^-$ ), нейтральной молекулы ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

**Тема 4. Алкалиды и электриды. Каликсарены. Резорцинорены (1 час).** Получение, строение, свойства алкалидов и электридов, сверхпроводимость. Каликсарены: получение, номенклатура, конформации. Особенности связывания катионов. Молекулы «шприцы». Туннельный эффект. Селективность к катиону цезия. Комплексы каликсаренов с нейтральными молекулами. Резорцинарены, получение, конформации, сродство к катионам и нейтральным молекулам. Сидерофоры, природные и синтетические. Константы связывания  $\text{Fe}^{+3}$ .

**Раздел 2. Рецепторы, связывающие анионы. Связывание нейтральных молекул. Фуллерены. Дендримеры (6 ч)**

**Тема 1. Рецепторы, связывающие анионы (2 часа).**

Особенности связывания анионов. Влияние размера аниона, плотности заряда, комплементарности, величины заряда рецептора и субстрата на прочность комплекса. Рецепторы, связывающие анионы: катапинанды, азакоранды, криптанды, гибридные каликсарены. Селективность связывания. Циклофаны, кобальт- и ртутьсодержащие металлоорганические рецепторы. Нейтральные рецепторы. Цвиттер-ионы. «Гидридная губка». Антикрауны.

**Тема 2. Связывание нейтральных молекул. Клатранды и кавитанды (2 часа).** Гидрат метана, распространение, устойчивость. Строение, молекулярная структура, тип связей. Проблемы, связанные с запасами и использованием гидрата метана. Цеолиты, строение, свойства: ионообменные, молекулярно-ситовой эффект, адсорбционные. Использование в качестве катализаторов в нефтехимии. Клатраты мочевины и тиомочевины. Использование в качестве селективных реагентов при депарафинизации нефтяных фракций.

Кавитанды. Молекулы с внутренней кривизной. Циклодекстрины: получение, свойства. Причины широкого использования. Молекулярные щели и молекулярные пинцеты, связывание биологически значимых молекул. Каликсарены, резорцинарены и трициклотривератрилены (CTV) в качестве рецепторов. Циклофаны, номенклатура. Криптофаны - молекулы-клетки, синтез на основе каликсаренов, резорцинаренов, CTV. Карцеранды и полукарцеранды. Карцерия - новый вид ориентационной изомерии. Использование карцерандов и полукарцерандов в качестве реакторов для получения неустойчивых молекул - циклобутадиена, бензина.

**Тема 3. Супрамолекулярная химия фуллеренов. Дендримеры (2 часа).** Открытие фуллеренов – одно из значительных открытий в химии XX века. Фуллерены - новый аллотропный вид углерода. Способы получения. Выделение и очистка. Свойства. Комплексы фуллеренов с металлами -эндоэдральные и экзоэдральные. Фуллерены в качестве рецепторов. Фуллерены в качестве субстратов. Гетерофуллерены (легированные фуллерены).

Дендримеры и их типы. Стратегии синтеза дендримеров. Дивергентный способ -«от центра к периферии». Пример синтеза дендримеров на основе этилендиамина и акрилонитрила. Конвергентный способ синтеза дендримеров - «от периферии к центру». Физические свойства дендримеров. Влияние природы функциональных групп на поверхности дендримера на его свойства. Практическое использование дендримеров (химиотерапия рака и других заболеваний).

**Раздел 3. Темплаты и самосборка. Молекулярные устройства и машины (4 часа).**

**Тема 1. Катенаны и ротаксаны. Супрамолекулярная фотохимия. Молекулярные устройства. (2 ч)**

Статистический подход к синтезу катенанов и ротаксанов. Псевдоротаксаны. Ротаксаны. Схема синтеза. Принцип вспомогательной связи в синтезе катенанов( темплатный стерический барьер, координация с катионом металла). Молекулярные машины на основе катенанов и ротаксанов.

Молекулярная и супрамолекулярная самосборка. Самоорганизация. Металлические ансамбли.

Основы фотохимии. Фото- и электрохимические устройства на основе бипиридила. Устройства для преобразования света. Фотохимические сенсоры. Фотохимические супрамолекулярные устройства с направленным переносом электрона и энергии. Сопряжённые процессы переноса энергии и электрона.

**Тема 2. Молекулярные машины (2 часа).**

Концепция устройства молекулярных машин. Схема работы молекулярных машин. Пример молекулярной «шестерёнки». «Молекулярные мускулы». Пример машины, работающей при протекании окислительно-восстановительного процесса. Машина, работа которой основана на протекании фотореакции *транс-цис*-изомеризации.

Нанодвигатель. Структуры молекулярных машин на основе производных триптицена и фуллерена. Молекулярная машина с мотором.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

### **Практические занятия (16 час.)**

#### **Практическое занятие № 1. Основные понятия в супрамолекулярной химии (2 часа).**

1. Предмет супрамолекулярной химии. Развитие представлений. Связь классической химии валентных связей с супрахимией – химией межмолекулярных связей, изучающей ассоциацию двух и более химических частиц. Понятия и язык супрамолекулярной химии: рецептор (хозяин) и субстрат (гость). Схема Ж-М. Лена перехода от молекулярной к супрамолекулярной химии.

2. Принципы образования супермолекулы. Комплементарность. Предорганизация. Термины, описывающие взаимоотношения между хозяином и гостем: капсула, гнездо, насест, поверхностные взаимодействия, сэндвич, укутывание гостя хозяином. Термодинамические эффекты. Классификация супрамолекулярных соединений хозяин-гость: кавитанды и клатранды.

3. Природа супрамолекулярных взаимодействий: водородная связь, электростатические взаимодействия, гидрофобные силы, структуры «без связи».

#### **Практическое занятие № 2. Рецепторы, связывающие катионы (2 часа).**

1. Способы синтеза рецепторов, связывающих катионы. Краун-эфиры. Синтез первого краун-эфира Педерсоном. Способы получения краун-эфиров взаимодействием дигалогенидалканов с диолами. Особенности синтеза: темплатный синтез, темплатирующие катионы; метод высокого разбавления. S, N- Гетерокраун-эфиры, методы синтеза, торанды.

2. Поданды, дариат-эфиры, крипанды, сферанды: методы синтеза, сравнительная способность к комплексообразованию. Факторы, влияющие на комплексообразование: строение, размер цикла, заряд иона, полярность среды. Термодинамический эффект.

3. Номенклатура рецепторов, тривиальная и ИЮПАК.

#### **Практическое занятие № 3. Свойства рецепторов, связывающих катионы (2 часа).**

1. Свойства краун-эфиров. Растворимость в полярных и неполярных растворителях. Использование в межфазном катализе: реакция водных растворов солей калия с бензилхлоридом в ацетонитриле. Эффект «обнаженного» иона: окисление органических субстратов действием  $\text{KMnO}_4$ .

2. Селективность катионного комплексообразования. Термодинамические эффекты. Величины типичных констант связывания. Факторы, влияющие на комплексообразование (соответствие между размерами катиона и полостью хозяина, число донорных атомов, заряд катиона и др.) на примере краун-, гетерокраун-эфиров, подандов, лариат-эфиров, криптандов, сферандов. Плато селективности.

#### **Практическое занятие № 4. Виды молекулярного распознавания (2 часа).**

1. Виды молекулярного распознавания. Сферическое распознавание.

Селективность образования комплексов с органическими катионами. Распознавание ионов аммония и родственных соединений лариат-эфирами, корандами.

2. Связывание катионов аммония трехмерными хозяевами. Тетраэдрическое распознавание. Тетраэдрический рецептор - «Футбольный мяч», связывание катиона ( $\text{NH}_4^+$ ), аниона ( $\text{Cl}^-$ ), нейтральной молекулы ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

3. Дитопные рецепторы- рецепторы, обладающие двумя центрами связывания гостей. Линейное распознавание. Дифильные рецепторы, совмещающие две или более функции распознавания гостя. Пример комплексообразования.

4. Хиральное распознавание, разделение рацематов.

#### **Практическое занятие № 5. Рецепторы, связывающие катионы. Алкалиды и электриды. Каликсарены. Резорцинорены (2 часа).**

1. Получение, строение, свойства алкалидов и электридов, сверхпроводимость. Номенклатура.

2. Каликсарены: получение, номенклатура, конформации. Способность к жесткому и мягкому связыванию. Особенности связывания катионов. Туннельный эффект. Селективность к катиону цезия. Катионный обмен в бис(каликсарен)краунах. «Перекачка» катиона металла «молекулярным шприцем». Молекулы «шприцы». От каликсаренов к молекулам-клеткам.

3. Комплексы каликсаренов с нейтральными молекулами.

4. Резорцинарены, получение, конформации, сравнение с каликсаренами. Средство к катионам и нейтральным молекулам. Сидерофоры, природные и синтетические. Константы связывания  $\text{Fe}^{+3}$ .

#### **Практическое занятие № 6. Рецепторы, связывающие анионы. (2 часа).**

1. Особенности связывания анионов. Влияние размера аниона, плотности заряда, комплементарности, величины заряда рецептора и субстрата на прочность комплекса. Рецепторы, связывающие анионы.

2. Связывание анионов катапинандами. Тетраэдрический рецептор – «Футбольный мяч», связывание галогениданионов. Криптандалы, селективность связывания анионов.

3. Азакорандалы, гибридные каликсарены.. Циклофаналы, кобальт- и ртутьсодержащие металлорганические рецепторы.

4. Нейтральные рецепторы. «Гидридная губка». Антикрандалы.

**Практическое занятие № 7. Связывание нейтральных молекул (2 часа).**

1. Клатраталы. Гидрат метана, распространение, устойчивость, эффект самоконсервации. Строение, молекулярная структура. Проблемалы, связанные с запасами и использованием гидрата метана.

2. Цеолиталы. Строение: содалитовые ячейки, элементарные ячейки цеолита. Синтез цеолитов. Свойства: ионообменные, молекулярно-носитовой эффект, адсорбционные. Использование в качестве катализаторов в нефтехимии.

3. Клатраталы мочевины и тиомочевины. Строение. Использование в качестве селективных реагентов при депарафинизации нефтяных фракций.

4. Циклодекстрины: получение, свойства. Структура и константалы комплексообразования с производными нитрофенола. Причины широкого использования.

5. Связывание нейтральных молекул кавитандами. Молекулярные щели и молекулярные пинцеталы, связывание биологически значимых молекул. Каликсарены, резорцинарены и трициклотривератриленалы (CTV) в качестве рецепторов, связывающих нейтральные молекулы. Динамика обмена гостей в кавитатах.

6. Циклофаналы, номенклатура. Криптофаналы - молекулы-клетки, синтез на основе каликсаренов, резорцинаренов, CTV. Карцерандалы и полукарцерандалы. Сферическое заточение гостя. Карцерия - новый вид ориентационной изомерии. Использование карцерандалов и полукарцерандалов в качестве реакторов для получения нестабильных молекул - циклобутадиена, бензина.

**Практическое занятие № 8. Супрамолекулярная химия фуллеренов. Дендримералы (1 час).**

1. Открытие фуллеренов – одно из значительных открытий в химии XX века. Фуллерены - новый аллотропный вид углерода. Способы

получения. Выделение и очистка. Строение. Физические свойства. Химические реакции фуллеренов как электронодефицитных полиолефинов. Взаимодействие фуллеренов с металлами. Эндоэдральные фуллерены, получение, строение, свойства. Экзоэдральные фуллерены, строение, свойства. Фуллерены как хозяева. Фуллерены как гости.

2. Дендримеры. Стратегии синтеза дендримеров. Дивергентный способ - «от центра к периферии». Пример синтеза дендримеров на основе этилендиамина и акрилонитрила. Конвергентный способ синтеза дендримеров - «от периферии к центру». Физические свойства дендримеров.

3. Влияние природы функциональных групп на поверхности дендримера на его свойства. Практическое использование дендримеров (химиотерапия рака и других заболеваний; создание металлокомплексных катализаторов нового типа).

### **Практическое занятие № 9. Катенаны и ротаксаны. Темплаты и самосборка. Молекулярные устройства и молекулярные машины (1 час).**

1. Статистический подход к синтезу катенанов и ротаксанов. Псевдоротаксаны. Ротаксаны. Схема синтеза. Катенаны, формируемые с помощью  $\pi$ - $\pi$ -стэкинговых взаимодействий. Принцип вспомогательной связи в синтезе катенанов (темплатный стерический барьер, координация с катионом металла).

2. Молекулярная и супрамолекулярная самосборка. Самоорганизация. Терминология. Металлические ансамбли. Гигантские самособирающиеся капсулы

3. Концепция устройства молекулярных машин. Схема работы молекулярного устройства и молекулярной машины. Молекулярные машины на основе катенанов и ротаксанов. Пример молекулярного «челнока», «шестерёнки». Машины, работа которых активируется светом и изменением кислотности среды. Пример работы молекулярной машины при изменении степени окисления металла. «Молекулярные мускулы».

4. Пример машины, работающей при протекании окислительно-восстановительного процесса. Машина, работа которой основана на протекании фотореакции *транс-цис*-изомеризации. Машины, работа которых активируется светом. Нанодвигатель. Структуры молекулярных машин на основе производных триптицена и фуллерена. Молекулярная машина с мотором.

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Супрамолекулярная химия» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине (22 часа)

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
	1 неделя	Изучение материала лекции, учебника по вопросам, указанным в плане семинара №1, подготовка ответов на них.	2 часа	Ответы на семинаре, участие в дискуссии
	2 неделя	Изучение материала лекции, учебника по вопросам, указанным в плане семинара №2, подготовка ответов на них.	3 часа	Ответы на семинаре, участие в дискуссии
	3 неделя	Изучение материала лекции, учебника по вопросам, указанным в плане семинара №3, подготовка ответов на них.	2 часа	Ответы на семинаре, участие в дискуссии. Написание контрольной работы №1 по материалу 1-3 семинара
		Изучение материала лекции, учебника по вопросам, указанным	3 часа	Ответы на семинаре, участие в

	4 неделя	ным в плане семинара №4, подготовка ответов на них.		дискуссии
	5 неделя	Изучение материала лекции, учебника по вопросам, указанным в плане семинара № 5, подготовка ответов на них.	2 часа	Ответы на семинаре, участие в дискуссии
	6 неделя	Изучение материала лекции, учебника по вопросам, указанным в плане семинара № 6, подготовка ответов на них.	3 часа	Ответы на семинаре, участие в дискуссии. Написание контрольной работы № 2 по материалу 4-6 семинара
	7 неделя	Изучение материала лекции, учебника по вопросам, указанным в плане семинара №4, подготовка ответов на них.	2 часа	Ответы на семинаре, участие в дискуссии
	8 неделя	Изучение материала лекции, учебника по вопросам, указанным в плане семинара № 6, подготовка ответов на них.	3 часа	Ответы на семинаре, участие в дискуссии
	9 неделя	Изучение материала лекции, учебника по вопросам, указанным в плане семинара № 6, подготовка ответов на них.	2 часа	Ответы на семинаре, участие в дискуссии. Написание контрольной работы № 3 по материалу 7-9 семинара
	10 неделя	Подготовка к экзамену	36 часов	Экзамен

### Характеристика заданий для самостоятельной работы

## **Задание на дом к практическим занятиям № 1-9**

Просмотреть материал лекций, учебников, дополнительную литературу для ответов на вопросы семинара и участия в дискуссии.

### **Вопросы для самостоятельной подготовки**

#### **Семинар № 1. История возникновения Супрамолекулярной химии**

##### **Понятия и язык супрамолекулярной химии**

1. История возникновения новой химической дисциплины - Супрамолекулярной химии – *подтверждает вопрос о закономерностях развития химической науки и объективной необходимости возникновения новых направлений в науке.*

2. Что изучает супрамолекулярная химия? Этапы становления. Связь классической химии ковалентных связей с «химией за пределами молекул». *Как расшифровать тезис Лема, что супрамолекулярная химия – это химия за пределами молекул?*

3. Междисциплинарный характер супрамолекулярной химии: *в чем причина интереса к ней ученых разных областей науки - химиков, биологов, медиков, физиков?*

4. Открытие краун-эфиров Педерсоном. *В чем заключается принцип случайности и закономерности в возникновении науки супрамолекулярной химии?*

От краун-эфиров к молекулам-контейнерам. *В чем состоит принцип работы молекулярных машин с точки зрения химии? Почему молекулы названы контейнерами? Схема перехода от молекулярной к супрамолекулярной химии. Классификация супрамолекулярных систем хозяин-гость. Комплементарность и предорганизация. Природа супрамолекулярных взаимодействий*

5. Понятия и язык супрамолекулярной химии: рецептор (хозяин) и субстрат (гость). *Схема перехода от молекулярной к супрамолекулярной химии.*

*Где проходит граница между химией ковалентных связей и нековалентных межмолекулярных взаимодействий?*

6.. Принципы образования супермолекулы. Комплементарность. Предорганизация. *Каковы условия комплементарности? В чем заключается стереохимический и электростатический эффект при комплементарности?*

7. Термодинамические эффекты. Классификация супрамолекулярных соединений хозяин-гость. *Чем отличается комплекс «гнездо» от комплекса «насед»?*

8. Природа супрамолекулярных взаимодействий: водородная связь, электростатические взаимодействия, гидрофобные силы, структуры «без связи». *Какие известные примеры нековалентных межмолекулярных взаимодействий вы можете привести? Какие типы связей в нуклеиновых кислотах?*

### **Семинары 2-3. Рецепторы, связывающие катионы: синтез, свойства, номенклатура.**

1. Краун-эфиры. Синтез первого краун-эфира Педерсоном. Способы получения краун-эфиров. Особенности синтеза краун-эфиров: темплатный эффект, темплатирующие катионы; метод высокого разбавления. Использование в межфазном катализе. *В чем сходство и отличие темплатного эффекта от каталитического действия реагентами?*

Свойства краун-эфиров. Поведение растворов. Растворимость.

*Как связать конформационную подвижность краун-эфиров со способностью растворяться в различных по полярности растворителях?*

Использование краун-эфиров в межфазном катализе. *Объясните межфазную реакцию в присутствии краун-эфира солей калия с бензилхлоридом.*

Эффект «обнаженного» аниона: Окисление органических субстратов под действием  $\text{KMnO}_4$ . *Как объяснить высокую скорость и глубину реакции окисления при использовании краун-эфира?*

Селективность катионного комплексообразования. Термодинамические эффекты. Величины типичных констант связывания. Факторы, влияющие на комплексообразование на примере краун-, гетерокраун-эфиров, подандов, лариат-эфиров, криптандов, сферандов. Плато селективности.

*С чем связано образование прочных комплексов с краун-эфирами даже тогда, когда размер субстрата больше (или меньше) диаметра рецептора?*

2. Гетерокраун-эфиры: тиааналоги, азакраун-эфиры (торанды). *Какую простую химическую реакцию можно использовать для синтеза торанда?*

3. Синтез подандов, лариат-эфиров, криптандов, сферандов.

*Сравнить прочность комплекса  $\text{K}^+$  с лариат-эфиром и аналогичным краун-эфиром, поясните.*

*В чем структурное отличие краун-эфира от поданда? Комплекс с  $\text{K}^+$  какого из них будет прочнее и почему?*

1. Номенклатура рецепторов, тривиальная и по ИЮПАК.

*Может ли тривиальная номенклатура точно отразить строение рецептора? Запишите получение коранда самоконденсацией трех молекул о-аминобензальдегида и назовите его по ИЮПАК.*

Назовите по ИЮПАК следующие соединения:

18-краун-6,

15-краун-5

14(N<sub>4</sub>2<sub>2</sub>3<sub>2</sub>коранд-6)

дибензо18(O<sub>6</sub>2<sub>6</sub>коранд-6)

([2.2.2]-криптант)

По названию запишите структуру соединения, к какому типу рецепторов оно относится:

а. 4,13-диаза-1,7,10,16-тетраоксациклооктадекан;

б. 2,5,8,11,14,17-гексаоксаоктадекан;

в. 1,10-диаза-4,7,13,16,21,24-гексаоксабицикло[8.8.8]гексаэйкозан.

#### **Семинар № 4. Виды молекулярного распознавания.**

1. Охарактеризовать виды молекулярного распознавания: сферическое, тетраэдрическое, линейное, центральное, латеральное, хиральное.

2. Тетраэдрический рецептор - «Футбольный мяч», связывание катиона(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), аниона (Cl<sup>-</sup>), нейтральной молекулы (H<sub>2</sub>O). Сферическое распознавание. *Является ли связывание торандами (краун-эфирами, бициклическими криптандами) катионов металлов сферическим распознаванием? Почему?*

3. Связывание катионов аммония. Селективность образования комплексов с органическими катионами. *Какие типы связей, на ваш взгляд, здесь являются преобладающими?*

Связывание катионов аммония лариат-эфирами, корандами. *Где будет выше прочность комплекса и почему?*

4. Латеральное и центральное распознавание. *Какова роль такого распознавания в биологии? Как различить эфедрин и норэфедрин, адреналин и норадреналин?*

5. Дитопные рецепторы. Линейное распознавание. *Как с помощью линейного распознавания разделить 1,8-дихлороктан и 1,10-дихлордекан?*

6. Дифильные рецепторы.

7. Хиральное распознавание, разделение рацематов. *Какова роль хирального распознавания в стереохимии?*

#### **Семинар № 5. Рецепторы, связывающие катионы.**

**Алкалиды и электриды. Каликсарены. Резорцинорены.**

1. Алкалиды и электриды. Получение, строение, свойства.

*Объясните образование и строение  $[Cs(18\text{-краун-6})_2]^+ e^-$ , что это – алка-  
лид или электрид? Какие условия надо обеспечить для его получения?  
Чем объясняется электронная проводимость электридов?*

2. Каликсарены: получение, номенклатура, конформации. Особенности связывания катионов. Туннельный эффект. Селективность к катиону цезия. .

*Каликсарены нерастворимы в воде, но достаточно хорошо растворимы  
в щелочных растворах. Объясните, почему? . Справедливо ли утвержде-  
ние, что каликсарены - это циклофаны?*

Катионный обмен в бис(каликсарен)краунах. «Перекачка» катиона ме-  
талла «молекулярным шприцем».

*Как объяснить туннельный эффект, возникающий при связывании  $Ag^+$   
эфирами каликсаренов? Какие типы связей проявляются?*

Комплексы каликсаренов с нейтральными молекулами.

*Справедливо ли утверждение, что каликсарены способны связывать как  
катионы, так и анионы, и нейтральные молекулы? Какие примеры вы  
помните?*

3. Резорцинарены, получение, конформации, сродство к катионам и  
нейтральным молекулам. В чем сходство и отличие от каликсаренов?  
*Справедливо ли утверждение, что каликсарены и резорцинарены – это  
кавитанды?*

4. Сидерофоры, природные и синтетические. Константы связывания  
 $Fe^{+3}$

*Какое главное связующее звено в структуре сидерофора? Есть ли приме-  
ры синтетических сидерофоров, образующих более прочные комплексы с  
железом, чем природные?*

#### **Семинар № 6. Рецепторы, связывающие анионы**

1. Особенности связывания анионов. Влияние размера аниона, плот-  
ности заряда, комплементарности, величины заряда рецептора и субстра-  
та на прочность комплекса. Рецепторы, связывающие анионы: катапи-  
нанды, азакоранды, криптанды, гибридные молекулы, антикрауны. Се-  
лективность связывания

*Катапинанды были открыты в то же время, что и краун-эфир. Одна-  
ко широкомасштабное изучение связывания анионов началось лишь спу-  
стя 20 лет. С чем, на ваш взгляд, связана трудность изучения анионов?*

2. Тетраэдрические рецепторы. Селективность формы. Связывание  
анионов криптандами, азакорандами.

*Какие типы связей действуют в молекуле «футбольного мяча» при связывании катиона, аниона, нейтральной молекулы?*

3. Циклофаны, кобальт- и ртутьсодержащие металлоорганические рецепторы, гибридные каликсарены.

*Можно ли утверждать, что каликсарены способны связывать как катионы, так и анионы, и нейтральные молекулы? Какие примеры вы помните?*

4. Нейтральные рецепторы. Цвиттер-ионы. «Гидридная губка». Антикрауны.

*В чем отличие краун-эфиров от антикраунов? Какова природа главного связующего звена в выше перечисленных рецепторах для связывания аниона? «Гидридная губка» и «протонная губка» - в чем их сходство и отличие?*

### **Семинары № 7-8. Связывание нейтральных молекул**

1. Клатраты. Гидрат метана, распространение, устойчивость. Строение, молекулярная структура, тип связей. Проблемы, связанные с запасами и использованием гидрата метана.

*В чем состоит эффект самоконсервации метана? Что вы слышали о работах японцев по добыче гидрата метана на северо-востоке Японии, по соседству с нами в 2012-2013 гг.? К каким положительным и отрицательным последствиям это может привести?*

2. Клатраты. Цеолиты. Строение: содалитовые ячейки, элементарные ячейки цеолита. Синтез цеолитов. Свойства: ионообменные, молекулярно-ситовой эффект, адсорбционные. Использование в качестве катализаторов в нефтехимии.

*В чем состоит сходство и разница в строении гидрата метана и цеолита? Какие свойства цеолитов из перечисленных выше используются в таких процессах нефтепереработки: каталитический крекинг, риформинг, синтез смеси ксилолов из толуола и метанола, разделение о-, м-, п-ксилолов?*

3. Клатраты мочевины и тиомочевины. Строение. Использование в качестве селективных реагентов при депарафинизации нефтяных фракций.

*В чем сходство клатратов метана и мочевины и отличие от клатрата цеолита?*

4. Кавитанды. Молекулы с внутренней кривизной. Связывание нейтральных молекул. Циклодекстрины: получение, свойства. Структура и константы комплексообразования с производными нитрофенола. Причины широкого использования.

*Циклодекстрины широко используются в пищевой (80-90%), косметической и фармацевтической промышленности в качестве агентов для медленного высвобождения и доставки веществ. Поясните механизм связывания и высвобождения вкусовых, ароматобразующих и лекарственных веществ циклодекстринами, учитывая их строение и гидрофильно-, гидрофобные составляющие фрагменты их молекулы.*

5. Молекулярные щели и молекулярные пинцеты, связывание биологически значимых молекул. Примеры рецепторов.

6. Каликсарены, резорцинарены и трициклотривератрилены (CTV) в качестве рецепторов, связывающих нейтральные молекулы. Динамика обмена гостей в кавитатах.

*Справедливо ли утверждение, что каликсарены, резорцинарены и трициклотривератрилены – это кавитанды? От чего зависит, на ваш взгляд, скорость обмена гостей в кавитатах?*

7. Циклофаны, номенклатура. Криптофаны - молекулы-клетки, синтез на основе каликсаренов, резорцинаренов, CTV. Карцеранды и полукарцеранды. Карцерия - новый вид ориентационной изомерии. Использование карцерандов и полукарцерандов в качестве реакторов для получения неустойчивых молекул - циклобутадиена, бензина.

*Справедливо ли утверждение, что каликсарены, резорцинарены и трициклотривератрилены – это криптофаны? Объясните образование слова-названия –криптофаны: от какого типа рецепторов взяты составные части названия - крипто- и фан-?*

*Каков недостаток при использовании карцерандов в качестве реакторов для синтеза неустойчивых молекул? Какие существуют способы доказательства, что реакция прошла и образовалось новое соединение?*

8. Химия фуллеренов

1. Открытие фуллеренов – одно из значительных открытий в химии XX века. Фуллерены - новый аллотропный вид углерода. Способы получения. Выделение и очистка. Строение. Физические свойства. Реакционная способность фуллеренов.

*По каким связям вступает фуллерен в реакцию Дильса-Альдера, циклоприсоединения, взаимодействует с малоновым эфиром?*

2. Комплексы фуллеренов с металлами -эндоэдральные и экзоэдральные. Эндоэдральные фуллерены, получение, строение, свойства, применение. Фуллерены в качестве рецепторов.

*С чем связана сверхпроводимость комплексов фуллеренов?*

*Как расшифровать строение  $Li@C_{60}$ ,  $K_3C_{60}$ ?*

Экзоэдральные фуллерены, получение, строение, свойства, применение.

Фуллерены в качестве субстратов. *Какие примеры из пройденного вы можете привести?*

Гетерофуллерены (легированные фуллерены), образующиеся в результате замещения углеродных атомов фуллеренов атомами других веществ.

9. Дендримеры и их типы. Стратегии синтеза дендримеров. Дивергентный способ - «от центра к периферии». *Пример синтеза дендримеров на основе этилендиамина и акрилонитрила.*

Конвергентный способ синтеза дендримеров - «от периферии к центру». Физические свойства дендримеров.

Влияние природы функциональных групп на поверхности дендримера на его свойства. *Практическое использование дендримеров (химиотерапия рака и других заболеваний; создание металлокомплексных катализаторов нового типа).*

### **Семинар № 9. Катенаны и ротаксаны. Молекулярные устройства. Молекулярные машины.**

1. Статистический подход к синтезу катенанов и ротаксанов. Псевдоротаксаны. Ротаксаны. Схема синтеза. Катенаны, формируемые с помощью  $\pi$ - $\pi$ -стэкинговых взаимодействий. Принцип вспомогательной связи в синтезе катенанов (темплатный стерический барьер, координация с катионом металла).

2. Молекулярная и супрамолекулярная самосборка. Самоорганизация. Терминология. Металлические ансамбли. Гигантские самособирающиеся капсулы

3. Концепция устройства молекулярных машин. Схема работы молекулярного устройства и молекулярной машины. Молекулярные машины на основе катенанов и ротаксанов. Пример молекулярного «челнока», «шестерёнки». Машины, работа которых активируется светом и изменением кислотности среды. Пример работы молекулярной машины при изменении степени окисления металла. «Молекулярные мускулы».

4. Пример машины, работающей при протекании окислительно-восстановительного процесса. Машина, работа которой основана на протекании фотореакции *транс-цис*-изомеризации. Машины, работа которых активируется светом. Нанодвигатель. Структуры молекулярных машин на основе производных триптицена и фуллерена. Молекулярная машина с мотором.

## **Примеры**

### **тестовых заданий для самоподготовки**

1. Какие из приведенных типов соединений пока не имеют широких перспектив практического применения :

1) катенаны; 2) кавитанды; 3) дендримеры; 4) фуллерены.

2. Образование комплексов с переносом заряда или комплексов с атомом металла являются приемами, которые используются в ходе синтеза:

1) дендримеров; 2) катенанов и ротаксанов;

3) напряженных циклов; 4) правильных многогранников.

3. Атомы тяжелых металлов могут быть помещены во внутреннюю полость молекулы:

1) фуллерена; 2) кубана; 3) додекаэдрана; 4) адамантана.

4. Высокоэффективные лекарственные препараты нового типа получают, встраивая молекулы лекарственных веществ в полости некоторых:

1) кавитандов; 2) узлов; 3) дендримеров; 4) производных фуллерена.

### **Требования к представлению результатов самостоятельной работы**

Самостоятельная работа включает в себя повторение теоретического и практического материала дисциплины, заслушиваемого и конспектируемого в ходе аудиторных занятий; изучение основной и дополнительной литературы, указанной в рабочей учебной программе дисциплины, самоконтроль ответов на основные проблемные вопросы по темам занятий; самостоятельный разбор заданий и задач, решаемых на практических занятиях.

Результаты самостоятельной работы представляются и оформляются в виде ответов на основные положения теоретического и практического материала дисциплины по темам.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

Самостоятельная работа студента оценивается по его ответам на семинаре, активности участия в групповой дискуссии, по результатам написанной контрольной работы.

*Критерии оценивания по ответам на семинаре и активности в групповой дискуссии:*

Глубина и полнота ответа.

Умение показать знание темы не только по материалу лекций, но и по дополнительной литературе.

Умение грамотно проиллюстрировать свой ответ формулами и схемами превращений веществ.

Отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием темы.

Умение заметить неточность в ответе сокурсника и вовремя подсказать правильное решение и вынести вопрос на обсуждение.

*Критерии оценивания по написанию контрольной работы:*

Полный и правильный ответ на вопрос: теоретическое обоснование вопроса с подтверждением практическими данными.

Правильная запись формул и схем превращений веществ.

Продемонстрировано знание не только материала лекций, но и дополнительной литературы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Раздел I. Предмет супрамолекулярной химии. Рецепторы, связывающие катионы Тема 1. Основные понятия в супрамолекулярной химии, связь с классической химией. Тема 2. Рецепторы, связывающие катионы	ОПК-2.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Знает</b> основные разделы химических наук, типы связей и схемы межмолекулярных взаимодействий в области классической химии ковалентной связи.</li> <li>• основные законы философии, формы и методы научного познания</li> </ul>	Проверка знаний на практических занятиях № 1-4 в процессе устного опроса и участия в дискуссии (УО-4)  Написание контрольной	Экзаменационные вопросы №№1 – 12

	<p>Тема 3. Виды молекулярного распознавания</p> <p>Тема 4. Алкалиды и электриды. Каликсарены. Резорцинорены</p>	<p>ОПК-2.2</p>	<p><b>Умеет</b> использовать химические знания в сочетании с законами философии, формами и методами научного познания для овладения базисными положениями и методологией новой науки – Супрамолекулярной химии.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• На основе способности к абстрактному мышлению, анализу и синтезу оценить возможности супрамолекулярных ассоциатов с нековалентными связями в создании наноматериалов и искусственных систем, имитирующих биологические и механические процессы</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Владеет</b> способностью использования химических знаний в сочетании с законами философии, формами и методами научного познания для овладения базисными положениями и методологией новой науки – Супрамолекулярной химии.</li> <li>• Способностью к абстрактному мышлению, анализу и синтезу, позволяющей оценить возможности супрамолекулярных ассоциатов с нековалентными связями в создании наноматериалов и изучении искусственных систем, имитирующих биологические и механические процессы</li> </ul>	<p>работы №1 (ПР-2) по материалу практических занятий № 1-4 (в соответствии с рейтинговой оценкой знаний).</p>	
--	---	----------------	--	--	--

	<p>Раздел 2.          Рецепторы, связывающие анионы. Связывание нейтральных молекул. Фуллерены. Дендримеры.          Тема 1. Рецепторы, связывающие анионы.          Тема 2. Связывание нейтральных молекул. Клатранды и кавитанды          Тема 3. Супрамолекулярная химия фуллеренов. Дендримеры.</p>	ОПК-2.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Знает</b> основные разделы химических наук, изучаемых в бакалавриате или специалитете.</li> <li>• Основные типы связей в химических соединениях классической химии</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Умеет</b> использовать знания классической химии для понимания способности рецептора к нековалентному взаимодействию с субстратом при образовании супрамолекулярного соединения.</li> <li>• Определить типы нековалентных взаимодействий и оценить их прочность.</li> <li>• Оценить возможности использования полученных знаний в профессиональной деятельности.</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Владеет</b> способностью логически мыслить, используя знания классической химии для понимания способности рецептора к нековалентному взаимодействию с субстратом при образовании супрамолекулярного соединения.</li> <li>• Знаниями для определения типа нековалентных взаимодействий и оценки их прочности.</li> <li>• Способностью оценить возможности использования полученных знаний в профессиональной деятельности.</li> </ul>	<p>Проверка знаний на практических занятиях № 5-8 в процессе устного опроса и участия в дискуссии (УО-4)</p> <p>Написание контрольной работы № 2 (ПР-2) по материалу практических занятий № 5-8 (в соответствии с рейтинговой оценкой знаний).</p>	<p>Экзаменационные вопросы №№1 – 12</p>
--	---	---------	--	--	---

	<p>Раздел 3. Темплаты и самосборка. Молекулярные устройства и машины. Тема 1. Катенаны и ротаксаны. Супрамолекулярная фотохимия. Молекулярные устройства. Тема 2. Молекулярные машины.</p>	<p>ПК-1.1</p> <p>ПК-1.2</p>	<p>-Глубоко понимает смысл своего исследования, его теоретическую и практическую значимость. - Методологию составления научных отчетов, докладов, презентаций, статей по результатам собственных исследований. -Имеет опыт выступления перед аудиторией -Имеет опыт выступления перед аудиторией.</p> <p>-<b>Умеет</b> профессионально грамотно, четко и последовательно излагать результаты своих исследований в отчете и научных публикациях (докладе, реферате, статье). -Свободно держаться перед аудиторией, четко и последовательно излагать результаты своих исследований, аргументированно отвечать на вопросы, вести дискуссию.</p> <p>-<b>Владеет</b> способностью профессионально грамотно, четко и последовательно излагать результаты своих исследований в отчете, докладе, реферате, статье. - Способностью выступать перед аудиторией, умело вести дискуссию, аргументированно отстаивать свою точку зрения, опираясь на теоретические и литературные знания.</p>	<p>Проверка знаний на практических занятиях № 8-9 в процессе устного опроса и участия в дискуссии (УО-4)</p> <p>Написание контрольной работы №3 (ПР-2) по материалу практических занятий № 8-9 (в соответствии с рейтинговой оценкой знаний).</p>	<p>Экзаменационные вопросы №№1 – 12</p>
--	--	-----------------------------	--	---	---

## У. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Стив, Дж. В. Супрамолекулярная химия: в 2-х кн. / Дж. В. Стив, Дж. Л. Этвуд. -М.: Академкнига, 2007.- Кн. 1-2 <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:266019&theme=FEFU>
2. Федорова, О. А. Супрамолекулярная химия // О. А. Федорова. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2010. – 204 с. [www.twirpx.com/file/1320563](http://www.twirpx.com/file/1320563)
3. Электрохимия органических соединений в начале XXI века. Под. ред. В.П. Гулятя В.П., А.Г. Кривенко, А.П. Томилова. - М.: Компания Спутник+, 2008. - 578 с. [www.sputnikplus.mags.ru/vcd-453-1-6425/goodsinfo.html](http://www.sputnikplus.mags.ru/vcd-453-1-6425/goodsinfo.html)
4. Я.З. Волошин, А.С. Белов. Инкапсулирование органических и неорганических анионов: синтез макрополициклических лигандов и их анион-рецепторные свойства // Успехи химии. 2008. Т.77. № 2. С.161-176. [mars.arbicon.ru/index.php?mdl=content&id=48299](http://mars.arbicon.ru/index.php?mdl=content&id=48299)
5. Акимова Т.И. Лекции по курсу «Супрамолекулярная химия» (электронный вариант), Платформа электронного обучения Blackboard ДВФУ.

### Дополнительная литература

1. Лен, Жан-Мари. Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы / Жан-Мари Лен. - Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1998. - 334 с.
2. Педерсен Ч. Открытие краун-эфиров: (Нобелевская лекция)// Новое в жизни, науке и технике. Сер. Химия. М.: Знание, 1989. № 1. С. 3-13.
3. Крам Д. Получение комплексов «гость-хозяин»: (Нобелевская лекция)// Там же. С. 13-28.
4. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия – масштабы и перспективы (Нобелевская лекция)// Там же. № 2. С. 3-36.
5. А.Ф. Пожарский. Супрамолекулярная химия. Ч. 1. Ч. 2 //Соровский образовательный журнал. 1997. № 9. С. 32-47.
6. Н.А. Ициксон, Ю.Ю. Моржерин, А.И. Матерн, О.Н. Чупахин. Рецепторы анионов // Успехи химии. 2008. Т.77. № 9. С.804-816.

**Интернет-ресурсы:**

1. Супрамолекулярная химия: клатратные соединения // Соросовский образовательный журнал, 1998, №2, с. 79-88.

<http://window.edu.ru/resource/362/21362>

2. Пожарский А.Ф. Супрамолекулярная химия. Часть 2. Самоорганизующиеся молекулы // Соросовский образовательный журнал, 1997, №9, с. 40-47.

<http://window.edu.ru/resource/346/21346>

3. Мищенко С.В, Ткачев А.Г. Углеродные наноматериалы. Производство, свойство, применение: монография. - 2008. 170 с.

<http://window.edu.ru/library/pdf2txt/102/64102/34799/page17>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <http://e.lanbook.com/>
2. <http://www.studentlibrary.ru/>
3. <http://znanium.com/>

<http://www.nelbook.ru>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

Платформа электронного обучения Blackboard ДВФУ.

[https://bb.dvfu.ru/webapps/blackboard/content/listContentEditable.jsp?content\\_id= 159675\\_1&course\\_id= 4959\\_1](https://bb.dvfu.ru/webapps/blackboard/content/listContentEditable.jsp?content_id= 159675_1&course_id= 4959_1)

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на изучение дисциплины, описание последовательности действий обучающихся**

Освоение дисциплины следует начинать с изучения рабочей учебной программы, которая содержит основные требования к знаниям, умениям и навыкам. Обязательно следует учитывать рекомендации преподавателя, данные в ходе установочных занятий. Затем – приступить к изучению отдельных разделов и тем в порядке, предусмотренном программой.

Получив представление об основном содержании раздела, темы, необходимо изучить материал с помощью рекомендуемой основной литературы. Целесообразно составить краткий конспект или схему, отображающую смысл и связи основных понятий данного раздела и включенных в него тем. Обязательно следует записывать возникшие вопросы, на которые не удалось ответить самостоятельно.

Подготовку к началу обучения включает несколько необходимых пунктов:

1) Необходимо создать для себя рациональный и эмоционально достаточный уровень мотивации к последовательному и планомерному изучению дисциплины.

2) Необходимо изучить список рекомендованной основной и дополнительной литературы и убедиться в её наличии у себя дома или в библиотеке в бумажном или электронном виде.

3) Необходимо иметь «под рукой» специальные и универсальные словари, справочники и энциклопедии, для того, чтобы постоянно уточнять значения используемых терминов и понятий. Пользование словарями и справочниками необходимо сделать привычкой. Опыт показывает, что неудовлетворительное усвоение предмета зачастую коренится в неточном, смутном или неправильном понимании и употреблении понятийного аппарата учебной дисциплины.

4) Желательно в самом начале периода обучения возможно тщательнее спланировать время, отводимое на работу с источниками и литературой по дисциплине, представить этот план в наглядной форме (график работы с датами) и в дальнейшем его придерживаться, не допуская срывов графика индивидуальной работы и «аврала» в предсессионный период. Пренебрежение этим пунктом приводит к переутомлению и резкому снижению качества усвоения учебного материала.

5)

### **Рекомендации по работе с литературой**

1) Всю учебную литературу желательно изучать «под конспект». Чтение литературы, не сопровождаемое конспектированием, даже пусть самым кратким – бесполезная работа. Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала.

2) Написание конспекта должно быть творческим – нужно не переписывать текст из источников, но пытаться кратко излагать своими словами содержание ответа, при этом максимально структурируя конспект, используя символы и условные обозначения. Копирование и «заучивание» неосмысленного текста трудоемко и по большому счету не имеет большой познавательной и практической ценности.

3) В итоге данной работы «идеальным» является полный конспект по программе дисциплины, с выделенными определениями, узловыми пунктами, примерами, неясными моментами, проставленными на полях вопросами.

4) При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю.

5) При чтении учебной и научной литературы всегда следить за точным и полным пониманием значения терминов и содержания понятий, используемых в тексте. Всегда следует уточнять значения по словарям или энциклопедиям, при необходимости записывать.

6) При написании учебного конспекта обязательно указывать все прорабатываемые источники, автор, название, дата и место издания, с указанием использованных страниц.

### **Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине: к экзамену**

К промежуточной аттестации допускаются только те студенты, которые систематически в течение всего семестра посещали лекции, выполняли домашние задания, активно работали на практических занятиях, показывая уверенные знания.

Непосредственная подготовка к аттестации осуществляется по вопросам, представленным в рабочей учебной программе. Тщательно изучите формулировку каждого вопроса, вникните в его суть, составьте план ответа. Обычно план включает в себя:

— определение сущности рассматриваемого вопроса, основных

положений, утверждений, определение необходимости их доказательства;  
— запись обозначений, формул, необходимых для полного раскрытия вопроса;  
— роль и значение рассматриваемого материала для практической деятельности, примеры использования в практической деятельности.

### **Подготовка к практическим занятиям.**

При подготовке к практическим занятиям воспользуйтесь материалами лекций, презентаций и рекомендованной литературой. Электронный вариант лекций приведен в системе Blackboard ДВФУ.

### **Задание на дом к практическим занятиям № 1-9**

Просмотреть материал лекций, учебники и подготовиться к устному опросу, дискуссии и групповому обсуждению по указанным вопросам. Подготовить ответы на вопросы, указанные в плане практического занятия.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Проведение лекций и практических занятий идет с использованием мультимедийной аппаратуры для демонстрации иллюстративного материала.

## **VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **Шкала оценивания уровня сформированности компетенций**

<b>Код и формулировка компетенции</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b>	<b>критерии</b>	<b>показатели</b>	<b>баллы</b>
---------------------------------------	---------------------------------------	-----------------	-------------------	--------------

<p><b>ПК-1. -</b> Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках</p>	<p>знает (пороговый уровень)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Основные разделы химических наук, типы связей и схемы межмолекулярных взаимодействий в области классической химии ковалентной связи.</li> </ul> <p>Основные законы философии, формы и методы научного познания.</p>	<p>Знание основ классической химии – химии ковалентной связи. Основные законы философии.</p>	<p>-способность объяснить принципиальное отличие классической химии от супрамолекулярной; - объяснить объективные и субъективные причины возникновения новой науки- Супрамолекулярной химии</p>	<p>51-75</p>
<p>задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках</p>	<p>умеет (продвинутый)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Использовать химические знания в сочетании с законами философии, формами и методами научного познания для овладения базисными положениями и методологией новой науки – Супрамолекулярной химии</li> </ul> <p>На основе способности к абстрактному мышлению, анализу и синтезу оценить возможности супрамолекулярных ассоциатов с нековалентными связями в создании наноматериалов и искусственных систем, имитирующих биологические процессы.</p>	<p>Умение использовать химические знания в сочетании с законами философии для овладения базисными положениями и методологией новой науки .</p>	<p>способность оценить возможности супрамолекулярных ассоциатов – в создании искусственных систем, имитирующих биологические процессы. - в создании молекулярных устройств и молекулярных машин</p>	<p>76-85</p>

		тирующих биологические и механические процессы.			
	владеет (высокий)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Способностью использования химических знаний в сочетании с законами философии, формами и методами научного познания для овладения базисными положениями и методологией новой науки – Супрамолекулярной химии.</li> </ul> <p>Способностью к абстрактному мышлению, анализу и синтезу, позволяющей оценить возможности супрамолекулярных ассоциатов с нековалентными связями в создании наноматериалов и изучении искусственных систем, имитирующих биологические и механические процессы.</p>	Навыками абстрактного мышления, анализа и синтеза для оценки возможностей супрамолекулярной химии в создании искусственных систем, имитирующих биологические и механические процессы.	-способность связать химическую структуру супрамолекулярного ассоциата с выполняемыми процессами самосборки, переноса катионов через ионные каналы, целенаправленной доставки лекарств, работой молекулярных машин, в создании искусственных систем, имитирующих биологические процессы.	86-100

<p><b>ОПК-2.</b> Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук</p>	<p>знает (пороговый уровень)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Основные разделы химических наук, изучаемых в бакалавриате или специалитете.</li> <li>Основные типы связей в химических соединениях классической химии</li> </ul>	<p>Знание основ классической химии – химии ковалентной связи.</p> <p>Знание основных типов связей в химических соединениях классической химии</p>	<p>-способность объяснить строение молекулы органического и неорганического соединения,</p> <p>- указать тип связи ионной, ковалентной полярной и неполярной, объяснить природу ее образования.</p>	<p>51-75</p>
	<p>умеет (продвинутый)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Умеет использовать знания классической химии для понимания процессов, протекающих в супрамолекулярной химии.</li> <li>Оценить возможности использования полученных знаний в профессиональной деятельности.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Умение использовать знания классической химии для понимания природы построения супрамолекулярных соединений и их возможностях.</li> </ul>	<p>-умеет объяснить природу связей в супрамолекулярных ассоциатах,</p> <p>-оценить их прочность в молекулах краун-эфиров, криптандов, сферандов и др. типов соединений.</p>	<p>76-85</p>
	<p>владеет (высокий)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Способностью творчески мыслить, используя знания классической химии для понимания процессов, протекающих в супрамолекулярной химии.</li> <li>способность использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов новой науки – супрамолекулярной химии -при решении профессиональных задач</li> </ul>	<p>Способность использовать полученные знания для дальнейшего развития новой науки.</p>	<p>- способность оценить возможности новых соединений в создании супрамолекулярных структур,</p> <p>- способность оценить направления практического использования новых структур в фотонике, электронике и др.</p>	<p>86-100</p>

## **Примерный перечень оценочных средств (ОС)**

### **I. Устный опрос**

1. Групповая дискуссия (УО-4) (Средство *текущего* контроля) (Групповая дискуссия – рассмотрение, анализ различных позиций, точек зрения ученых на содержание той или иной проблемы, концепции выбора путей практической реализации стоящих перед обучающимися задач.) - Тема, вопросы для обсуждения. Задания для подготовки.
2. Экзамен (Средство *промежуточного* контроля) – Вопросы к экзамену, образцы билетов.

### **Критерии оценки знаний, умений и навыков при текущей проверке**

#### **1. Оценка устных ответов:**

##### **Отметка "Отлично"**

1. Дан полный и правильный ответ на все вопросы. Умение объяснять сущность явлений, процессов, делать выводы и обобщения.
2. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
3. Правильно записаны формулы веществ и схемы реакций.
4. Даны аргументированные ответы с примерами на дополнительные вопросы.

##### **Отметка "Хорошо"**

- 1, 2, 3, 4 – аналогично отметке "Отлично".
5. Допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.

##### **Отметка "Удовлетворительно"**

1. Учебный материал, в основном, охвачен полностью, но без уверенности, при этом допущены 1-2 существенные ошибки (например, неумение применять законы и теории к объяснению новых фактов).
2. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, построен несвязно.

##### **Отметка "Неудовлетворительно"**

1. Незнание или непонимание большей или наиболее существенной части учебного материала.
2. Допущены существенные ошибки, которые не исправляются после уточняющих вопросов, материал изложен несвязно.

#### **2. Оценка письменных работ (контрольные работы):**

Критерии те же. Из оценок за каждый вопрос выводится средняя итоговая оценка за письменную работу.

**Критерии оценки знаний, умений и навыков при промежуточной проверке (экзамен) те же, что и при текущей.**

**Комплекты оценочных средств для *текущей* аттестации по дисциплине «Супрамолекулярная химия».**

**Вопросы для устного опроса и совместного обсуждения**

1.– В чем состоят объективные и субъективные причины возникновения новых направлений в науке, в том числе появления новой науки - супрамолекулярной химии? В чем заключается принцип случайности и закономерности?

2. Как расшифровать тезис Лема, что супрамолекулярная химия – это химия за пределами молекул?

3. Междисциплинарный характер супрамолекулярной химии: в чем причина интереса к ней ученых разных областей науки - химиков, биологов, медиков, физиков?

4. Где проходит граница между химией ковалентных связей и нековалентных межмолекулярных взаимодействий?

6. Каковы условия комплементарности? В чем заключается стереохимический и электростатический эффект при комплементарности?

8. Природа супрамолекулярных взаимодействий. Какие известные примеры нековалентных межмолекулярных взаимодействий вы можете привести? Какие типы связей в нуклеиновых кислотах?

9. Какие свойства краун-эфиров внесли существенный вклад в развитие классической химии и в понимание протекания биологических процессов?

10. Что влияет на прочность комплекса катионов с такими рецепторами как краун-эфиры, поданды, лариат-эфиры, криптанды, сферанды и гибридные молекулы на их основе?

11. Может ли тривиальная номенклатура точно отразить строение рецептора? Назовите по ИЮПАК следующие соединения: 18-краун-6, 15-краун-5, 14(N<sub>4</sub>2<sub>2</sub>3<sub>2</sub>коранд-6), дибензо 18(O<sub>6</sub>2<sub>6</sub>коранд-6), ([2.2.2]-криптант.

По названию запишите структуру соединения, к какому типу рецепторов оно относится: а. 4,13-диаза-1,7,10,16-тетраоксациклооктадекан;

б. 2,5,8,11,14,17-гексаоксаоктадекан;

в. 1,10-диаза-4,7,13,16,21,24-гексаоксабицикло[8.8.8]гексаэйкозан.

12. Охарактеризовать виды молекулярного распознавания: сферическое, тетраэдрическое, линейное, центральное, латеральное, хиральное. Какова роль каждого вида распознавания в химии, стереохимии, биологии?

13. В чем особенности как рецепторов таких необычных соединений как алкалиды, электриды, каликсарены, резорцинорены.

14. Катапинанды были открыты в то же время, что и краун-эфиры. Однако широкомасштабное изучение связывания анионов началось лишь спустя 20 лет. С чем, на ваш взгляд, связана трудность изучения анионов?

15. Какими структурными особенностями должен обладать рецептор для связывания нейтральных молекул?

16. Как используются каликсарены, резорцинарены и трициклотривератрилены для синтеза молекул-клеток? Какой новый вид стереоизомерии был открыт при этом? Перспективы использования контейнерной химии.

17. Почему открытие фуллеренов считают одним из значительных открытий в химии XX века?

18. Катенаны и ротаксаны – исходные вещества для создания молекулярной машины.

19. В чем состоит принцип работы молекулярного устройства и молекулярной машины? Молекулярные машины на основе катенанов и ротаксанов. Пример молекулярного «челнока», «шестерёнки», «Молекулярных мускулов».

20. Структуры молекулярных машин на основе производных триптицена и фуллерена. Нанодвигатель.

### **Примеры вопросов к контрольным работам**

#### **Билет 1**

1. Резорцинарены, синтез, строение, свойства.
2. Рецепторы, способные связывать нейтральные молекулы
3. Особенности комплексообразования аза- и тиакраунэфиров
4. Привести синтез простейшего полусферанда. Какие субстраты он способен связывать?

#### **Билет 2**

1. Справедливо ли утверждение, что каликсарены это циклофаны?
2. Виды молекулярного распознавания
3. Резорцинарены – исходные вещества для синтеза криптофанов.
4. Селективность связывания в ряду краун-эфиров.

#### **Билет 3**

1. Молекулярная самосборка и супрамолекулярная самосборка. Пример.
2. Циклодекстрины, форма молекулы. С чем связана уникальная способность к комплексообразованию в водном растворе?

3. Стадии процесса комплексообразования хозяин-гость.
4. Привести синтез простейшего торанда, какие субстраты он способен связывать?

Билет 4

5. Справедливо ли утверждение, что карцеранд – это криптофан? Поясните.
6. Каликсарены, синтез, конформации, молекулы-шприцы.
7. Краун-эфир. Растворимость.
4. Селективность связывания в ряду гетерокраун-эфиров.

Билет 5

1. Молекулярные щели и молекулярные пинцеты
2. Анионы в качестве субстратов. Особенности свойств анионов.
3. Стадии процесса комплексообразования хозяин-гость
4. Привести синтез простейшего криптасферанда. Какие субстраты он способен связывать?

### **Комплект оценочных средств для *промежуточной* аттестации**

К промежуточной аттестации допускаются только те студенты, которые систематически в течение всего семестра активно работали на семинарских занятиях, участвовали в дискуссиях, показывая уверенные знания (балл не ниже 3), получили положительные оценки по контрольным работам и в результате получили от преподавателя допуск к экзаменационной сессии.

#### **Экзаменационные материалы**

##### **Вопросы для подготовки к экзамену**

1. Закономерности возникновения новой науки – супрамолекулярной химии
2. Предмет супрамолекулярной химии. Основные понятия: рецептор-субстрат, гость-хозяин, предорганизация, комплементарность .
3. Стадии процесса комплексообразования хозяин-гость. Термодинамические эффекты
4. Классификация супрамолекулярных систем: кавитанды и клатранды, взаимоотношения гость-хозяин типа «капсула», «гнездо», «насест», «сэндвич» и др.
4. Синтез первого краун-эфира, его свойства. Способы синтеза краун-эфиров..

5. Особенности синтеза краун-эфиров: высокое разбавление, темплатный эффект,
6. Гетерокраун-эфиры, особенности синтеза, темплатирующие катионы
7. Краун-эфиры. Свойства. Селективность комплексообразования. Растворимость. Пример использования в межфазном катализе. Эффект «обнаженного» иона».
8. Записать формулу дибензо18(О<sub>6</sub>2<sub>6</sub>коранда-6), привести схему его синтеза, описать свойства.
9. Рецепторы, способные связывать катионы: краун-эфиры, поданды, криптанды, лариат-эфиры, сферанды, полусферанды, криптасферанды. Алкалиды и электриды.
10. Виды молекулярного распознавания. «Футбольный мяч».
11. Рецепторы, способные связывать анионы. Особенности связывания анионов.
12. Рецепторы, способные связывать нейтральные молекулы. Молекулярные щели и молекулярные пинцеты
13. Клатратные гидраты. Гидрат метана.
14. Цеолиты. Твердые клатраты органических хозяев
15. Циклодекстрины, получение, конформация, причины широкого использования.
16. Каликсарены, получение, конформации, образование комплексов с катионами и нейтральными молекулами. Туннельный эффект.
17. Гибридные каликсарены. «Молекулярный шприц».
18. Каликсарены и резорцинорены в качестве исходных веществ для синтеза молекул-клеток.
19. Карцеранды, полукарцеранды.. Карцерия- стереоизомерия нового типа.
20. Использование карцерандов и полукарцерандов для получения неустойчивых молекул
21. Супрамолекулярная химия фуллеренов. Способы синтеза, физические и химические свойства. Эндо- и экзоэдральные комплексы с металлами.
22. Дендримеры, способы синтеза, свойства, применение.
23. Молекулярная и супрамолекулярная самосборка. «Решетки», «этажерки», «офисы».
24. Способы синтеза псевдоротаксанов. Использование их в молекулярных устройствах.
25. Принцип вспомогательной связи в синтезе ротаксанов.
25. Способы синтеза катенанов. Использование катенанов в молекулярных устройствах

26. Примеры фотохимических молекулярных устройств
27. Схема работы молекулярного устройства и молекулярной машины. Молекулярные машины на основе катенанов и ротаксанов. Пример молекулярного «челнока», «шестерёнки».
- 28.. Пример работы молекулярной машины при изменении степени окисления металла. «Молекулярные мускулы».
29. Пример машины, работающей при протекании окислительно-восстановительного процесса. Машина, работа которой основана на протекании фотореакции *транс-цис*-изомеризации.
30. Машины, работа которых активируется светом. Нанодвигатель. Структуры молекулярных машин на основе производных триптицена и фуллерена. Молекулярная машина с мотором.
31. Назовите по ИЮПАК следующие соединения:  
18-краун-6, 15-краун-5, 14( $N_4 2_2 3_2$ коранд-6), дибензо18( $O_6 2_6$ коранд-6), ([2.2.2]-криптант, .
32. По названию запишите структуру соединения, к какому типу рецепторов оно относится:
- 4,13-диаза-1,7,10,16-тетраоксациклооктадекан;
  - 2,5,8,11,14,17-гексаоксаоктадекан;
  - 1,10-диаза-4,7,13,16,21,24-гексаоксабицикло[8.8.8]гексаэйкозан.

### Примеры экзаменационных билетов.

#### Билет 1

1. Центральное и латеральное распознавание.
2. Записать формулу дибензо18( $O_6 2_6$ коранда-6), привести схему его синтеза, описать свойства.
3. Примеры фотохимических молекулярных устройств
4. Номенклатура (дается на отдельном листе).

#### Билет 2

1. Способы синтеза краун-эфиров. Синтез первого краун-эфира, его свойства. Использование.
2. Семиохимия. Сенсорные устройства, примеры.
3. Фуллерены.
4. Номенклатура (дается на отдельном листе)

#### Билет 3

1. Комплементарность
2. Краун-эфиры. Пример использования в межфазном катализе.

3. Молекулярная и супрамолекулярная самосборка. «Решетки», «этажерки», «офисы».
4. Номенклатура (дается на отдельном листе).

#### **Билет 4**

1. Сферанды, синтез, особенности связывания катионов
2. Примеры фотохимических молекулярных устройств
3. Клатратные гидраты
4. Номенклатура (дается на отдельном листе).

#### **Билет 5**

1. Способы синтеза псевдоротаганов. Использование их в молекулярных устройствах.
2. Цеолиты. Твердые клатраты органических хозяев
3. Алкалиды и электриды
4. Номенклатура (дается на отдельном листе).