



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

«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Красицкая С.Г.

(Ф.И.О.)

« 21 » октября 2021 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента

(подпись)

Капустина А.А.

(Ф.И.О.)

« 21 » октября 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Супрамолекулярная химия

Направление подготовки 04.04.01 «Химия»

Фундаментальная химия (совместно с ИХ ДВО РАН и ТИБОХ ДВО РАН)

Форма подготовки очная

курс 2 семестр 3

лекции 16 час.

практические занятия 34 час.

лабораторные работы 00 час.

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

всего часов аудиторной нагрузки 50 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 Департамента химии и материалов Института наукоемких технологий и передовых материалов

« 21 » октября 2021 г.

Директор Департамента Капустина А.А.

химии и материалов

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

Владивосток

2022

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	ОПК-2. Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	ОПК-2.1. Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно интерпретирует их ОПК-2.2. 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)
Тип задач профессиональной деятельности: Научно-исследовательский				
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	ПК-1-1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий, ПК-1-2. 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 (NH_4^+), аниона (Cl^-), нейтральной молекулы (H_2O).

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 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 (34 часа)

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 (4 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 (4 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 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 (4 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 (NH_4^+), аниона (Cl^-), нейтральной молекулы (H_2O).

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 № 3. Рецепторы, связывающие катионы. Алкалиды и электриды. Каликсарены. Резорцинорены (4 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 Fe^{+3} .

Практическое занятие № 6. Рецепторы, связывающие анионы. (4 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 (4 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 (4 часа).

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 (4 часа).

1. Статистический подход к синтезу катенанов и ротаксанов. Псевдоротаксаны. Ротаксаны. Схема синтеза. Катенаны, формируемые с помощью π - π -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 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 K^+ с лариат-эфиром и аналогичным краун-эфиром, поясните.

В чем структурное отличие краун-эфира от поданда? Комплекс с 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(N₄2₂3₂коранд-6)

дибензо18(O₆2₆коранд-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-гексаоксооктадекан;

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(NH₄⁺), аниона (Cl⁻), нейтральной молекулы (H₂O). 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 (СТV) 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, СТV. 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 π - π -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"> Знает основные разделы химических наук, типы связей и схемы межмолекулярных взаимодействий в области классической химии ковалентной связи. основные законы философии, формы и методы научного познания 	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>Умеет 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"> • 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 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Владеет способностью использования химических знаний в сочетании с законами философии, формами и методами научного познания для овладения базисными положениями и методологией новой науки – Супрамолекулярной химии. • 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>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"> • Знает основные разделы химических наук, изучаемых в бакалавриате или специалитете. • Основные типы связей в химических соединениях классической химии <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Умеет использовать знания классической химии для понимания способности рецептора к нековалентному взаимодействию с субстратом при образовании супрамолекулярного соединения. • Определить типы нековалентных взаимодействий и оценить их прочность. • Оценить возможности использования полученных знаний в профессиональной деятельности. <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Владеет способностью логически мыслить, используя знания классической химии для понимания способности рецептора к нековалентному взаимодействию с субстратом при образовании супрамолекулярного соединения. • Знаниями для определения типа нековалентных взаимодействий и оценки их прочности. • Способностью оценить возможности использования полученных знаний в профессиональной деятельности. 	<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>-Умеет 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>-Владеет 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
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
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
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

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

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	критерии	показатели	баллы
---------------------------------------	---------------------------------------	-----------------	-------------------	--------------

<p>ПК-1. - 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"> • Основные разделы химических наук, типы связей и схемы межмолекулярных взаимодействий в области классической химии ковалентной связи. Основные законы философии, формы и методы научного познания. 	<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"> • Использовать химические знания в сочетании с законами философии, формами и методами научного познания для овладения базисными положениями и методологией новой науки – Супрамолекулярной химии 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>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>

		<p>тирующих биологические и механические процессы.</p>			
	<p>владеет (высокий)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Способностью использования химических знаний в сочетании с законами философии, формами и методами научного познания для овладения базисными положениями и методологией новой науки – Супрамолекулярной химии. <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>	<p>Навыками абстрактного мышления, анализа и синтеза для оценки возможностей супрамолекулярной химии в создании искусственных систем, имитирующих биологические и механические процессы.</p>	<p>-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.</p>	<p>86-100</p>

<p>ОПК-2. 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"> Основные разделы химических наук, изучаемых в бакалавриате или специалитете. Основные типы связей в химических соединениях классической химии 	<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"> Умеет использовать знания классической химии для понимания процессов, протекающих в супрамолекулярной химии. Оценить возможности использования полученных знаний в профессиональной деятельности. 	<ul style="list-style-type: none"> Умение использовать знания классической химии для понимания природы построения супрамолекулярных соединений и их возможностях. 	<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"> Способностью творчески мыслить, используя знания классической химии для понимания процессов, протекающих в супрамолекулярной химии. способность использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов новой науки – супрамолекулярной химии -при решении профессиональных задач 	<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 объяснить 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-эфир, поданды, лариат-эфир, 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(N₄2₂3₂коранд-6), дибензо 18(O₆2₆коранд-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(О₆2₆коранда-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(N₄2₂3₂коранд-6), дибензо18(O₆2₆коранд-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(O₆2₆коранда-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-эфир. 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).