Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Факультет химии и высоких технологий

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе, качеству образования – первый проректор
_____Хагуров Т.А.
«_02_» _июня_ 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.35 СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ ХИМИЯ

Специальность	04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Направленность (профиль)	Органическая и медицинская химия
Форма обучения	очная
Квалификация	химик

Краснодар 2026

Рабочая программа дисциплины «СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ ХИМИЯ» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Программу составил(и):
А.В. Беспалов, доцент, канд. хим. наук _____

Рабочая программа дисциплины «Супрамолекулярная химия» утверждена на заседании кафедры органической химии и технологий
Протокол № 10 «28» апреля 2026 г.
Заведующий кафедрой д-р хим. наук, Доценко В.В. _____

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий
протокол № 7 «29» апреля 2026г
Председатель УМК ФХиВТ канд. хим. наук Беспалов А.В. _____
фамилия, инициалы подпись

Рецензенты:

Строганова Т.А.., канд. хим. наук, доцент кафедры биотехнологии и продуктов питания животного происхождения ФГБОУ ВО « Кубанский государственный технологический университет»

Буков Н.Н. , д-р хим. наук, профессор каф. общей, неорганической химии и информационно-вычислительных технологий в химии КубГУ

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Курс «Супрамолекулярная химия» знакомит с основами супрамолекулярной химии, способами связывания молекул и ионов в супрамолекулярные ансамбли, самособирающимся и самоорганизующимися химическими системами. Значительное внимание уделяется таким важным областям, как супрамолекулярная биохимия и супрамолекулярный синтез. Программа предполагает самостоятельное изучение отдельных тем, анализ научной литературы. Выполнение лабораторного практикума обеспечивает лучшее усвоение и закрепление изучаемого материала.

1.2 Задачи дисциплины

Задачи дисциплины «Супрамолекулярная химия» состоят в освоении профессиональных знаний и получении профессиональных умений и навыков в области химии супрамолекулярных и самоорганизующихся систем.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Супрамолекулярная химия» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана и является обязательной дисциплиной. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 4 курсе. Вид промежуточной аттестации: экзамен.

Изучению дисциплины «Супрамолекулярная химия» предшествует изучение дисциплин «Неорганическая химия», «Органическая химия» и «Физическая химия».

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	
ИОПК-1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов	знает основные классы и свойства супрамолекулярных систем
	умеет проводить анализ результатов экспериментальных работ по синтезу и исследованиям свойств супрамолекулярных систем
ИОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	владеет навыками использования базовых правил и законов химии для объяснения свойств супрамолекулярных систем
ИОПК-1.3. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	умеет формулировать выводы по результатам экспериментальных работ по синтезу и исследованиям свойств супрамолекулярных систем
ОПК-2. Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности	
ИОПК-2.1. Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	умеет осуществлять синтез, очистку и выделение супрамолекулярных соединений с соблюдением стандартных норм техники безопасности в лаборатории органического синтеза
ИОПК-2.2. Синтезирует вещества и материалы разной природы с использованием имеющихся методик	знает основные принципы построения супрамолекулярных ансамблей и особенности их практического использования
	умеет планировать и осуществлять синтезы супрамолекулярных соединений

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	владеет традиционными и современными методами органического и неорганического синтеза
ИОПК-2.3. Проводит стандартные операции для определения химического состава веществ и материалов на их основе	владеет навыками определения химического состава и строения супрамолекулярных систем
ИОПК-2.4. Исследует свойства веществ и материалов с использованием современного научного оборудования	владеет навыками исследования супрамолекулярных систем с использованием современного научного оборудования

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ		Всего часов	Форма обучения
			очная
			7 семестр (часы)
Контактная работа, в том числе:			
Аудиторные занятия (всего):		**70.3**	**70.3**
занятия лекционного типа		34	34
лабораторные занятия		34	34
практические занятия		-	-
семинарские занятия		-	-
Иная контактная работа:			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		2	2
Промежуточная аттестация (ИКР)		0.3	0.3
Самостоятельная работа, в том числе:		**38**	**38**
Оформление лабораторных работ		24	24
Самостоятельное изучение теоретического материала		10	10
Подготовка к текущему контролю		4	4
Контроль:			
Подготовка к экзамену		35.7	35.7
Общая трудоемкость	**час.**	**144**	**144**
	в том числе контактная работа	**70.3**	**70.3**
	зач. ед	**4**	**4**

2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 7 семестре (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1.	Введение	8	4	-	-	4
2.	Катионные рецепторы	40	8	-	18	14
3.	Анионные рецепторы	8	4	-	-	4
4.	Рецепторы нейтральных молекул	24	8	-	8	8
5.	Самосборка супрамолекулярных систем	26	10	-	8	8
	ИТОГО по разделам дисциплины		34		34	38
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	-	-	-	-
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0.3	-	-	-	-
	Подготовка к текущему контролю	-	-	-	-	-
	Общая трудоемкость по дисциплине	144	-	-	-	-

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Введение	Предмет и основные понятия супрамолекулярной химии. Связь молекулярной и супрамолекулярной химии. Основные этапы развития супрамолекулярной химии. Ведущие достижения в области супрамолекулярной химии, отмеченные Нобелевскими премиями в 1987 и 2016 г.	устный опрос
2.	Введение	Основные типы взаимодействий в супрамолекулярной химии: водородные связи, ион-ионные и ион-дипольные взаимодействия. Силы Ван-дер-Ваальса (ориентационные, индукционные и дисперсионные взаимодействия). Межмолекулярное отталкивание. Потенциал Леннард-Джонса. π-комплексные и π–π-стэкинг взаимодействия. Гидрофобные силы.	устный опрос
3.	Катионные рецепторы	Номенклатура и основные методы синтеза краун-эфиров. Темплатный эффект. Способы синтеза аза-краун-эфиров. Метод высокого разбавления. Общие принципы селективности катионного комплексообразования для краун-эфиров и родственных соединений. Применение краун-эфиров в качестве межфазных катализаторов в органических реакциях. Поданды и триподанды.	устный опрос, решение задач, ЛР1, ЛР2, ЛР3
4.	Катионные рецепторы	Строение и способы синтеза криптандов. Влияние строения рецептора на устойчивость его комплексов. Строение и способы синтеза лариат-эфиров. Связывание катионов аммония лариат-эфирами. Бибрахиальные лариат-эфиры.	устный опрос, решение задач, ЛР1, ЛР2, ЛР3
5.	Катионные рецепторы	Строение и синтез сферандов. Гибридные рецепторы на основе сферандов. Сравнение эффективности связывания катионов сферандами и другими рецепторами. Способы синтеза и номенклатура каликсаренов. Конформации каликсаренов. Особенности связывания различных катионов каликсаренами.	устный опрос, решение задач, ЛР1, ЛР2, ЛР3
6.	Катионные рецепторы	Макроциклические основания Шиффа. Термодинамический темплатный эффект в синтезе макроциклических оснований Шиффа. Сидерофоры и их синтетические аналоги. Спелеанды как пример дифильных рецепторов. Углеводородные катионные рецепторы на	устный опрос, решение задач, ЛР1, ЛР2, ЛР3

		основе полиалкенов и циклофанов. Номенклатура и способы синтеза простейших циклофанов.	
7.	Анионные рецепторы	Катапинанды и протонированные криптанды как примеры анионных рецепторов. Влияние pH среды на связывание различных субстратов криптандами. Отличительные особенности анионов, влияющие на их селективное связывание рецепторами. Общие принципы построения анионных рецепторов. Рецепторы на основе макроциклов криптандного типа. Селективность однозарядных анионов к подобным рецепторам. Расширенные порфириновые макроциклы.	решение задач, устный опрос
8.	Анионные рецепторы	Анионные рецепторы на основе соединений циклофанового типа с протонированными аминогруппами. Рецепторы на основе гуанидиния, общая схема синтеза гуанидиниевых хозяев. Антикрауны. Строение комплексов антикраунов с различными анионами. Металлоценовые рецепторы и другие хозяева на основе комплексов металлов. Дитопный рецептор на основе уранила. Анионные рецепторы типа «гидридная губка» и катионные рецепторы типа «протонная губка». Влияние строения молекулы рецептора на размер связываемого субстрата.	решение задач, устный опрос
9.	Рецепторы нейтральных молекул	Нейтральные рецепторы на основе каликс[n]пирролов. Ряд селективности однозарядных катионов к каликс[n]пирролам. Криптандные системы на основе каликс[n]пирролов. Нейтральные рецепторы на основе трена и цвиттер-ионов. Биологические рецепторы анионов. Карбоксипептидаза А. Кавитанды. Строение, получение и применение циклодекстринов.	устный опрос, решение задач, ЛР4, ЛР5
10.	Рецепторы нейтральных молекул	Каликсарены и резорцинарены, их строение и применение в качестве рецепторов для нейтральных молекул. Получение резорцинаренов. Химически модифицированные каликсарены. Кавитанды на основе каликсаренов. Общая схема обменных процессов в кавитатах. Рецепторы на основе гликолурила, получение кукурбитурила. Рецепторы с жёсткой молекулярной структурой на основе конкинов. «Молекулярные пинцеты» как рецепторы нейтральных молекул. Получение циклофановых рецепторов.	устный опрос, решение задач, ЛР4, ЛР5
11.	Рецепторы нейтральных молекул	Строение и основные методы синтеза карцерандов. Примеры реакционноспособных интермедиатов, инкапсулируемых в карцерандах. Типы клатратов. Газовые гидраты (гидрат метана: строение, свойства, фазовая диаграмма). Типы полостей в клатратных гидратах. Клатраты гидрохинона: строение, влияние размера молекулы гостя на степень заполнения полостей. Клатраты мочевины и тиомочевины как примеры тубулатоклатратов.	устный опрос, решение задач, ЛР4, ЛР5
12.	Рецепторы нейтральных молекул	Цеолиты: химический состав, классификация, применение в промышленности. Природные и синтетические цеолиты. Структуры цеолитных ячеек. Синтез цеолитов: общая схема, условия синтеза, влияние различных факторов на состав и структуру образующихся продуктов. Цеолит ZSM-5, его строение и применение. Интеркаляты. Примеры хозяев слоистого строения. Основные параметры интеркалятов. Каскады структур интеркалятов. Классическая модель и модель Даумаса-Геролда. Интеркаляты графита: строение, примеры гостей, особенности образования.	устный опрос, решение задач, ЛР4, ЛР5
13.	Самосборка супрамолекулярных систем	Катенаны и ротаксаны – молекулы с механическим типом связывания. Общая схема синтеза катенанов и ротаксанов. Статистический подход в синтезе катенанов и ротаксанов. Иммобилизация на поверхности смолы. «Закрепление» макроциклов при помощи π,π -стэкинг-взаимодействий.	устный опрос, решение задач, ЛР6, ЛР7

14.	Самосборка супрамолекулярных систем	Основные принципиальные подходы в синтезе ротаксанов. Молекула олимпиадана. «Закрепление» макроциклов при помощи гидрофобных взаимодействий. Принцип вспомогательной ковалентной связи в синтезе катенанов. Принцип координации с ионом металла. Химические реакции, позволяющие замыкать макроциклы. Геликанды и геликаты. Классификация и возможные конфигурации геликатов. Моно- и биядерные геликаты.	устный опрос, решение задач, ЛР6, ЛР7
15.	Самосборка супрамолекулярных систем	Синтез иминных геликандов. Использование водородных связей для формирования спиральных структур. Молекулярные узлы. Синтез молекулярных узлов с использованием принципа вспомогательной связи. Молекулярные кольца Борромео – строение и общий принцип синтеза. Основные типы молекулярных узлов.	устный опрос, решение задач, ЛР6, ЛР7
16.	Самосборка супрамолекулярных систем	Молекулярные устройства и ассемблеры. Молекулярные челноки. Молекулярные переключатели и молекулярные «лифты». Молекулярные шарниры. Аллостерические переключатели. Молекулярные двигатели на основе химических реакций. Молекулярные двигатели на основе фотохимически активируемых двойных связей. Наноавтомобили.	устный опрос, решение задач, ЛР6, ЛР7
17.	Самосборка супрамолекулярных систем	Молекулярные провода: строение и функции. Виды молекулярных проводов. Дендримеры: общая характеристика, базовая терминология, строение и основные свойства. Применение дендримеров в науке и технике. Общая схема синтеза дендримеров.	устный опрос, решение задач, ЛР6, ЛР7

2.3.2 Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1.	Катионные рецепторы	Окисление органических соединений перманганатом калия в присутствии дибензо-18-краун-6	ЛР1
2.	Катионные рецепторы	Синтез N,N'-Бис(Салицилиден)-орто-фенилендиамина. Часть 1.	ЛР2
3.	Катионные рецепторы	Синтез N,N'-Бис(Салицилиден)-орто-фенилендиамина. Часть 2.	ЛР2
4.	Катионные рецепторы	Синтез О,О-ди(2-нитрофенокси)-этиленгликоля	ЛР3
5.	Рецепторы нейтральных молекул	Синтез фталоцианинов	ЛР4
6.	Рецепторы нейтральных молекул	Реакции образования комплексов «гость-хозяин» с участием крахмала и циклодекстрина	ЛР5
7.	Самосборка супрамолекулярных систем	Темплатный синтез комплексов переходных металлов	ЛР6
8.	Самосборка супрамолекулярных систем	Темплатный синтез бис(ацетилацетоната) никеля	ЛР7
9.	-//-	Решение задач по супрамолекулярной химии	решение задач

Защита лабораторной работы (ЛР), контрольная работа (КР).

2.3.3 Примерная тематика курсовых работ

Курсовая работа не предусмотрена учебным планом.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы

1	Оформление лабораторных работ	Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. - 89 с.
2	Самостоятельное изучение теоретического материала	1. Галяметдинов, Ю. Г. Органические спейсеры для супрамолекулярных систем / Ю. Г. Галяметдинов, Л. А. Альметкина ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2016. – 112 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500839. 2. Кулагина, Е. М. Биополимеры в супрамолекулярных системах : учебно-методическое пособие : [16+] / Е. М. Кулагина, С. В. Шилова, Ю. Г. Галяметдинов ; Казанский национальный исследовательский технологический институт. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2020. – 84 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=683773.
4	Подготовка к текущему контролю	Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. - 89 с.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа,

– в форме аудиофайла,

– в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа,

– в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проблемная лекция, работа в малых группах) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «*Супрамолекулярная химия*».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме задач для решения в аудитории, контрольных вопросов к лабораторным работам, и **промежуточной аттестации** в форме вопросов к зачету.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

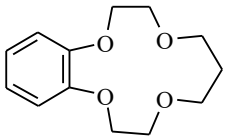
№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИОПК-1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов	знает основные классы и свойства супрамолекулярных систем	Устный опрос	Вопрос на экзамене
		умеет проводить анализ результатов экспериментальных работ по синтезу и исследованиям свойств супрамолекулярных систем	Лабораторная работа	-
2	ИОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	владеет навыками использования базовых правил и законов химии для объяснения свойств супрамолекулярных систем	Устный опрос, решение задач в аудитории	Вопрос на экзамене
3	ИОПК-1.3. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно- теоретических работ химической направленности	умеет формулировать выводы по результатам экспериментальных работ по синтезу и исследованиям свойств супрамолекулярных систем	Лабораторная работа	-
4	ИОПК-2.1. Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	умеет осуществлять синтез, очистку и выделение супрамолекулярных соединений с соблюдением стандартных норм техники безопасности в лаборатории органического синтеза	Лабораторная работа	-
5	ИОПК-2.2. Синтезирует вещества и материалы разной природы с	знает основные принципы построения супрамолекулярных ансамблей и особенности	Устный опрос, решение задач в аудитории	Вопрос на экзамене

	использованием имеющихся методик	их практического использования		
		умеет планировать и осуществлять синтезы супрамолекулярных соединений	Лабораторная работа, решение задач в аудитории	-
		владеет традиционными и современными методами органического и неорганического синтеза	Лабораторная работа, решение задач в аудитории	-
6	ИОПК-2.3. Проводит стандартные операции для определения химического состава веществ и материалов на их основе	владеет навыками определения химического состава и строения супрамолекулярных систем	Лабораторная работа	-
7	ИОПК-2.4. Исследует свойства веществ и материалов с использованием современного научного оборудования	владеет навыками исследования супрамолекулярных систем с использованием современного научного оборудования	Лабораторная работа	-

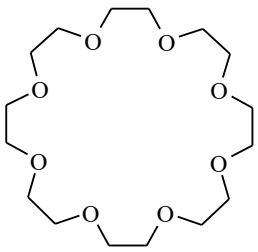
Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

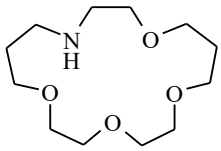
Задания для коллективного решения в аудитории

1) Приведите способ(ы) получения данного макроцикла:

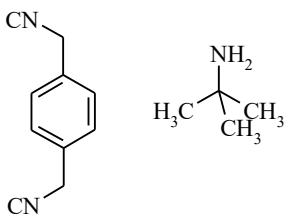


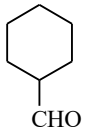
2) Назовите данные макроциклы:

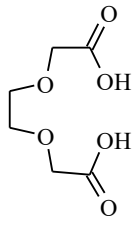




3) Нарисуйте макроцикл, который может быть получен по реакции Уги из следующих компонентов:







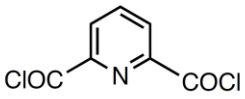
.

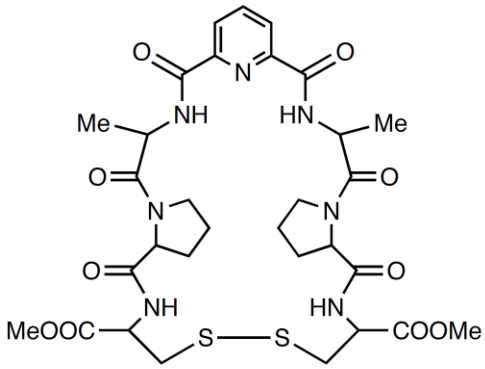
4) Предложите метод получения хирального макроцикла **4** по реакции Уги, исходя из следующих реагентов. Напишите механизм реакции.

Boc-proline

Boc-alanine

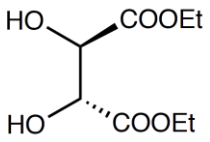
MeOOC–C(NH_2)–CH_2–S–S–CH_2–C(NH_2)–COOMe
(dimethyl cystine)



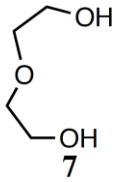


4

5) Предложите метод получения хирального макроцикла **5**, исходя из следующих реагентов **6-8**:



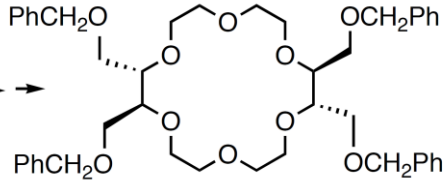
6



7

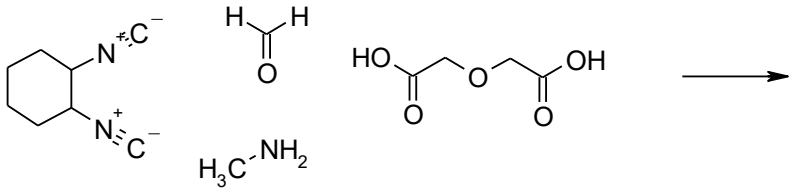
$PhCH_2Br$

8

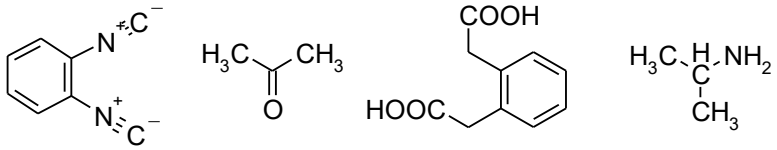


5

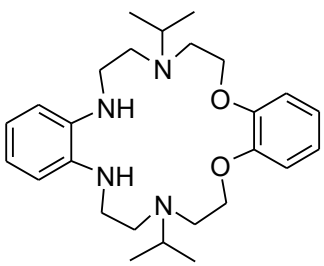
6) Предложите схему (включая механизм) получения макроцикла из предложенных исходных реагентов:



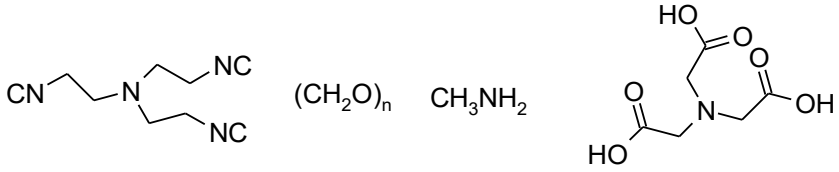
7) Предложите схему (включая механизм) получения макроцикла из предложенных исходных реагентов:



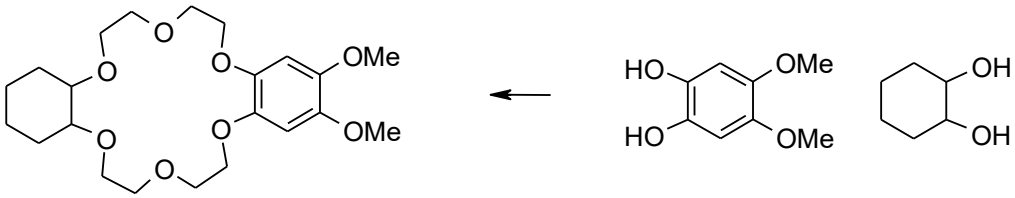
8) Предложите схему (включая механизм) получения следующего макроцикла (по реакции Уги, включая стадию восстановления):



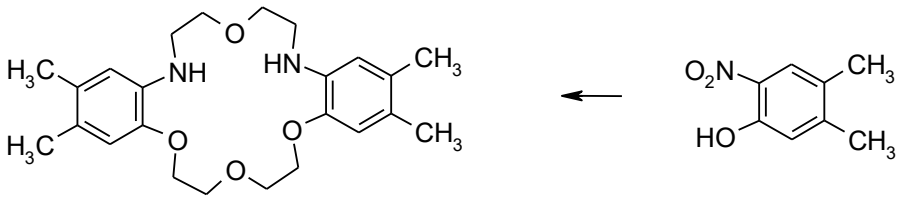
9) Предложите схему (включая механизм) получения макроцикла из предложенных исходных реагентов:



10) Предложите схему (включая механизм) получения следующего макроцикла (исходя из предложенных исходных реагентов, и других необходимых- на Ваше усмотрение):



11) Предложите схему (включая механизм) получения следующего макроцикла (исходя из предложенных исходных реагентов, и других необходимых – на Ваше усмотрение):



Контрольные вопросы к лабораторным работам (примеры)

1) Объясните роль краун-эфира в описываемых процессах. Почему константа образования комплекса намного больше единицы, хотя длины связей O…K^+ в аквакомплексах и в данном случае сопоставимы?

2) При нагревании SalophhH_2 в метаноле при 50 °C с ацетатом никеля в молярном соотношении 1 : 1 образуется красно-коричневый осадок состава $C_{20}H_{14}N_2O_2Ni$. Предложите структуру данного продукта.

3) Предположите, с помощью каких дальнейших превращений SalophhH_2 можно превратить в циклический супрамолекулярный лиганд?

4) Нарисуйте структурную формулу дигидрата бис(2,4-пентадионато)никеля.

5) При дегидратации ацетилацетоната никеля (кипячение с толуолом, насадка Дина-Старка) образуется безводный ацетилацетонат никеля, который существует в форме тримера $Ni_3(acac)_6$ (acac = ацетилацетон). нарисуйте возможную структурную формулу этого супрамолекулярного ассоциата, если известно, что тример НЕ имеет циклического строения.

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Список вопросов для подготовки к экзамену

1. Предмет и основные понятия супрамолекулярной химии. Связь молекулярной и супрамолекулярной химии.

2. Основные этапы развития супрамолекулярной химии. Ведущие достижения в области супрамолекулярной химии, отмеченные Нобелевскими премиями в 1987 и 2016 г.

3. Основные типы взаимодействий в супрамолекулярной химии: водородные связи, ион-ионные и ион-дипольные взаимодействия.

4. Силы Ван-дер-Ваальса (ориентационные, индукционные и дисперсионные взаимодействия). Межмолекулярное отталкивание. Потенциал Леннард-Джонса.

5. π-комплексные и π–π-стэкинг взаимодействия. Гидрофобные силы.

6. Номенклатура и основные методы синтеза краун-эфиров. Темплатный эффект.

7. Способы синтеза аза-краун-эфиров. Метод высокого разбавления. Общие принципы селективности катионного комплексообразования для краун-эфиров и родственных соединений.

8. Применение краун-эфиров в качестве межфазных катализаторов в органических реакциях. Поданды и триподанды.

9. Строение и способы синтеза криптандов. Влияние строения рецептора на устойчивость его комплексов.

10. Строение и способы синтеза лариат-эфиров. Связывание катионов аммония лариат-эфирами. Бибрахиальные лариат-эфиры.

11. Строение и синтез сферандов. Гибридные рецепторы на основе сферандов. Сравнение эффективности связывания катионов сферандами и другими рецепторами.

12. Способы синтеза и номенклатура каликсаренов. Конформации каликсаренов. Особенности связывания различных катионов каликсаренами.

13. Макроциклические основания Шиффа. Термодинамический темплатный эффект в синтезе макроциклических оснований Шиффа.

14. Сидерофоры и их синтетические аналоги. Спелеанды как пример дифильных рецепторов.

15. Углеводородные катионные рецепторы на основе полиалкенов и циклофанов. Номенклатура и способы синтеза простейших циклофанов.

16. Катапинанды и протонированные криптанды как примеры анионных рецепторов. Влияние pH среды на связывание различных субстратов криптандами.

17. Отличительные особенности анионов, влияющие на их селективное связывание рецепторами. Общие принципы построения анионных рецепторов.

18. Рецепторы на основе макроциклов криптандного типа. Селективность однозарядных анионов к подобным рецепторам. Расширенные порфириновые макроциклы.

19. Анионные рецепторы на основе соединений циклофанового типа с протонированными аминогруппами. Рецепторы на основе гуанидиния, общая схема синтеза гуанидиниевых хозяев.

20. Антикрауны. Строение комплексов антикраунов с различными анионами.

21. Металлоценовые рецепторы и другие хозяева на основе комплексов металлов. Дитопный рецептор на основе уранила.

22. Анионные рецепторы типа «гидридная губка» и катионные рецепторы типа «протонная губка». Влияние строения молекулы рецептора на размер связываемого субстрата.

23. Нейтральные рецепторы на основе каликс[n]пирролов. Ряд селективности однозарядных катионов к каликс[n]пирролам. Криптандные системы на основе каликс[n]пирролов.

24. Нейтральные рецепторы на основе трена и цвиттер-ионов. Биологические рецепторы анионов. Карбоксипептидаза А.

25. Кавитанды. Строение, получение и применение циклодекстринов.

26. Каликсарены и резорцинарены, их строение и применение в качестве рецепторов для нейтральных молекул. Получение резорцинаренов.

27. Химически модифицированные каликсарены. Кавитанды на основе каликсаренов. Общая схема обменных процессов в кавитатах.

28. Рецепторы на основе гликолурила, получение кукурбитурила. Рецепторы с жёсткой молекулярной структурой на основе конкинов.

29. «Молекулярные пинцеты» как рецепторы нейтральных молекул. Получение циклофановых рецепторов.

30. Строение и основные методы синтеза карцерандов. Примеры реакционноспособных интермедиатов, инкапсулируемых в карцерандах.

31. Типы клатратов. Газовые гидраты (гидрат метана: строение, свойства, фазовая диаграмма). Типы полостей в клатратных гидратах.

32. Клатраты гидрохинона: строение, влияние размера молекулы гостя на степень заполнения полостей. Клатраты мочевины и тиомочевины как примеры тубулатоклатратов.

33. Цеолиты: химический состав, классификация, применение в промышленности. Природные и синтетические цеолиты. Структуры цеолитных ячеек.

34. Синтез цеолитов: общая схема, условия синтеза, влияние различных факторов на состав и структуру образующихся продуктов. Цеолит ZSM-5, его строение и применение.

35. Интеркаляты. Примеры хозяев слоистого строения. Основные параметры интеркалятов. Каскады структур интеркалятов. Классическая модель и модель Даумаса-Геролда.

36. Интеркаляты графита: строение, примеры гостей, особенности образования.

Вопросы по курсу «Супрамолекулярная химия». Часть 3.

37. Катенаны и ротаксаны – молекулы с механическим типом связывания. Общая схема синтеза катенанов и ротаксанов.

38. Статистический подход в синтезе катенанов и ротаксанов. Иммобилизация на поверхности смолы. «Закрепление» макроциклов при помощи π,π -стэкинг-взаимодействий.

39. Основные принципиальные подходы в синтезе ротаксанов. Молекула олимпиадана. «Закрепление» макроциклов при помощи гидрофобных взаимодействий.

40. Принцип вспомогательной ковалентной связи в синтезе катенанов. Принцип координации с ионом металла. Химические реакции, позволяющие замыкать макроциклы.

41. Геликанды и геликаты. Классификация и возможные конфигурации геликатов. Моно- и биядерные геликаты.

42. Синтез иминных геликандов. Использование водородных связей для формирования спиральных структур.

43. Молекулярные узлы. Синтез молекулярных узлов с использованием принципа вспомогательной связи.

44. Молекулярные кольца Борромео – строение и общий принцип синтеза. Основные типы молекулярных узлов.

45. Молекулярные устройства и ассемблеры. Молекулярные челноки.

46. Молекулярные переключатели и молекулярные «лифты».

47. Молекулярные шарниры. Аллостерические переключатели. Молекулярные двигатели на основе химических реакций.

48. Молекулярные двигатели на основе фотохимически активируемых двойных связей. Наноавтомобили.

49. Молекулярные провода: строение и функции. Виды молекулярных проводов.

50. Дендримеры: общая характеристика, базовая терминология, строение и основные свойства.

51. Применение дендримеров в науке и технике. Общая схема синтеза дендримеров.

2. Примеры билетов к экзамену

20__-20__ уч. год
Дисциплина «Супрамолекулярная химия»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1.

1. Предмет и основные понятия супрамолекулярной химии. Связь молекулярной и супрамолекулярной химии.

2. Рецепторы на основе макроциклов криптандного типа. Селективность однозарядных анионов к подобным рецепторам. Расширенные порфириновые макроциклы.

3. Катенаны и ротаксаны – молекулы с механическим типом связывания. Общая схема синтеза катенанов и ротаксанов.

Заведующий кафедрой
органической химии и технологий Доценко В.В.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»
Направление подготовки – 040301 Химия
20__-20__ уч. год
Дисциплина «Супрамолекулярная химия»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №2.

1. Основные этапы развития супрамолекулярной химии. Ведущие достижения в области супрамолекулярной химии, отмеченные Нобелевскими премиями в 1987 и 2016 г.

2. Анионные рецепторы на основе соединений циклофанового типа с протонированными аминогруппами. Рецепторы на основе гуанидиния, общая схема синтеза гуанидиниевых хозяев.

3. Статистический подход в синтезе катенанов и ротаксанов. Иммобилизация на поверхности смолы. «Закрепление» макроциклов при помощи π,π-стэкинг-взаимодействий.

Заведующий кафедрой
органической химии и технологий Доценко В.В.

Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания по зачету
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Студент свободно владеет теоретическим материалом (система знаний о супрамолекулярных системах, особенностях их строения и применения полностью сформирована), при ответе на экзаменационные вопросы практически не допускает каких-либо неточностей или ошибок.

Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, в основном сформировавший практические навыки. Студент хорошо владеет теоретическим материалом, имеет сформированную систему знаний о супрамолекулярных системах, однако при ответе на вопросы экзаменатора допускает незначительное число ошибок, не носящих принципиального характера.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. Студент знает основные понятия и положения супрамолекулярной химии, однако плохо разбирается в деталях изучаемого материала. В ответах на вопросы присутствует значительное число ошибок или неточностей.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. Система знаний о супрамолекулярных системах не сформирована, отвечая на вопросы экзаменатора студент демонстрирует поверхностные и отрывочные знания курса, либо полное их отсутствие.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1. Учебная литература

1. Галяметдинов, Ю. Г. Органические спейсеры для супрамолекулярных систем / Ю. Г. Галяметдинов, Л. А. Альметкина ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2016. – 112 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500839.

2. Кулагина, Е. М. Биополимеры в супрамолекулярных системах : учебно-методическое пособие : [16+] / Е. М. Кулагина, С. В. Шилова, Ю. Г. Галяметдинов ; Казанский национальный исследовательский технологический институт. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2020. – 84 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=683773.

3. Киселев, Ю. М. Химия координационных соединений : учебник и практикум для вузов / Ю. М. Киселев. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 747 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13812-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/588492.

5.2. Периодическая литература

1. Успехи химии - российский научный журнал, публикующий обзорные статьи по актуальным проблемам химии и смежных наук.

2. Журнал общей химии – один из крупнейших российских научных журналов, отражающих основные направления развития химии, публикующий работы, посвящённые актуальным общим вопросам химии и проблемам, возникающим на стыке различных разделов химии, а также на границах химии и смежных с ней наук (металлоорганические соединения, элементоорганическая химия, органические и неорганические комплексы, механохимия, нанохимия и т. д.).

3. Журнал структурной химии – журнал физико-химического профиля. Адресован специалистам, работающим в области квантовой химии, физических методов исследования, кристаллохимии, строения жидкостей, а также широкому кругу химиков. Своеобразие журнала заключается в том, что для исследования электронного и пространственного строения химических соединений в публикуемых работах широко применяются современные физические методы, оригинальные теоретические и экспериментальные подходы.

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронная библиотека Научной библиотеки КубГУ
http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/Web

Электронный каталог
Поступления литературы в библиотеки филиалов
Поступления диссертаций и авторефератов
Статьи из периодики и научных сборников с 2016 г.
Статьи из периодики и научных сборников до 2016 г.
Газеты и журналы
Электронная библиотека трудов ученых КубГУ

Электронно-библиотечные системы (ЭБС)

1. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» http://www.biblioclub.ru/
2. ЭБС «Лань» https://e.lanbook.com
3. Образовательная платформа «Юрайт» https://urait.ru/
4. ЭБС «ZNANIUM» https://znanium.ru/
5. ЭБС «BOOK.ru» https://www.book.ru
6. ЭБ ОИЦ «Академия» https://academia-moscow.ru/elibrary/

Профессиональные базы данных

1. Виртуальный читальный зал Российской государственной библиотеки (РГБ) https://ldiss.rsl.ru/
2. Национальная электронная библиотека https://rusneb.ru/
3. Базы данных компании «ИВИС» https://eivis.ru/
4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (НЭБ) http://www.elibrary.ru/
5. МИАН. Полнотекстовая коллекция математических журналов http://www.mathnet.ru
6. Полнотекстовая коллекция журналов на платформе РЦНИ (Электронные версии научных журналов РАН) https://journals.rcsi.science/

Базы данных открытого доступа

1. КиберЛенинка http://cyberleninka.ru/;
2. Лекториум ТВ - видеолекции ведущих лекторов России http://www.lektorium.tv/
3. Словари и энциклопедии на Академике http://dic.academic.ru/

Базы данных КубГУ

1. Открытая среда модульного динамического обучения КубГУ https://openedu.kubsu.ru/
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций http://infoneeds.kubsu.ru/
3. Электронный архив документов КубГУ http://docspace.kubsu.ru/

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное изучение дисциплины «Супрамолекулярная химия» требует от студентов регулярного посещения лекций, а также активной работы на практических занятиях, выполнения тестовых проверочных работ, выполнения и защиты лабораторных работ, ознакомления с основной и дополнительной рекомендуемой литературой.

При подготовке к лекционному занятию студентам рекомендуется:

1) просмотреть записи предыдущей лекции и восстановить в памяти ранее изученный материал;

2) бегло просмотреть материал предстоящей лекции, с целью лучшего усвоения нового материала;

3) самостоятельно проработать отдельные фрагменты темы прошлой лекции, если это необходимо.

При конспектировании лекционного материала студентам нужно стремиться кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения и формулировки, не пытаясь записать весь преподаваемый материал слово в слово.

При подготовке к лабораторному занятию рекомендуется:

1) внимательно изучить материал предстоящей работы и составить план ее выполнения;

2) уделить повышенное внимание экспериментальным особенностям предстоящей работы (используемым реактивам и оборудованию, а также технике работы с ними);

Выполнять лабораторную работу необходимо аккуратно и последовательно, отражая все ее основные этапы в лабораторном журнале. Для успешной защиты лабораторной работы необходимо тщательно изучить лекционный и, если это необходимо, дополнительный теоретический материал по теме работы, а также правильно заполнить лабораторный журнал, сделав все необходимые расчеты и сформулировав выводы по проделанной работе.

При подготовке к практическому занятию рекомендуется:

1) ознакомиться с темой и планом занятия, чтобы выяснить круг вопросов, которые будут обсуждаться на занятии;

2) поработать с конспектом лекции по теме занятия, а также ознакомиться с рекомендуемой литературой и (при необходимости) дополнительными источниками информации в виде периодических изданий и Интернет-ресурсов.

При выполнении практической работы студентам необходимо отмечать те вопросы и разделы, которые вызывают у них затруднения. с целью последующей консультации у преподавателя. Каждый студент должен стремиться активно работать на практических занятиях и успешно выполнять тестовые проверочные работы.

Самостоятельная работа наряду с аудиторной представляет одну из важнейших форм учебного процесса. Самостоятельная работа — это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа предназначена не только для овладения представленной дисциплиной, но и для формирования навыков работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать возникающие проблемы, находить правильные решения и т.д.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Windows; Microsoft Office
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Windows; Microsoft Office
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория органической химии (ауд. 410С)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: переносное мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор) Оборудование: специализированная лабораторная мебель (столы, стулья, шкафы для реактивов и оборудования, вытяжные шкафы), средства пожарной	Microsoft Windows; Microsoft Office

	безопасности и оказания первой медицинской помощи, химическая посуда и оборудование, весы лабораторные электронные A&D EK-410i, электроплитки – 10 шт., сушильный шкаф, мешалки механические – 8 шт., мешалки магнитные IKA HS 7 – 8 шт., ротационные испарители – 2 шт., рефрактометр ИРФ-454 Б2М, приборы для определения температуры плавления ПТП – 8 шт., химические реактивы.	
Учебные аудитории для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)	Курсовая работа не предусмотрена учебным планом.	

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Microsoft Windows; Microsoft Office
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 401С)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Microsoft Windows; Microsoft Office