

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

Заведующий кафедрой
органической химии



Х.С. Шихалиев
26.05.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.02.01. Методы супрамолекулярной химии

Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия,

2. Профиль подготовки/специализация: Фундаментальная химия в профессиональном образовании.

3. Квалификация (степень) выпускника: Химик. Преподаватель химии

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: Органической химии

6. Составители программы: Ковыгин Юрий Александрович, к.х.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

7. Рекомендована: Научно-методическим советом химического факультета № 4 от
25.04.2023 г (наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,

8. Учебный год: 2026-2027

Семестр(ы): 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины: *Цель изучения дисциплины* – на основе современных теоретических представлений о строении и реакционной способности супрамолекул и надмолекулярных структур сформировать у студентов научную базу для освоения последующих и специальных профессиональных дисциплин.

Задачи дисциплины – студенты должны знать основы номенклатуры, строения, методов получения, реакционной способности и областей использования основных типов супрамолекулярных соединений; уметь определять класс соединений-хозяев и прогнозировать селективность хелатирования; иметь представление о целенаправленном дизайне супрамолекул для построения молекулярных устройств.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: (цикл, к которому относится дисциплина, требования к входным знаниям, умениям и компетенциям, дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей)

Дисциплина относится к циклу математических, естественнонаучных и медико-биологических дисциплин. Дисциплина по выбору.

Для изучения курса супрамолекулярной химии необходимы знания и умения, полученные при прохождении курсов общей и неорганической, физической, коллоидной и органической химии, физики.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области аналитической, физической, неорганической, органической и полимерной химии

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК -2	<i>Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области химии высокомолекулярных соединений, аналитической и органической химии</i>	ПК - 2.1	<i>Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий</i>	знать: особенности межмолекулярных взаимодействий, типы и классификацию надмолекулярных образований, важнейшие методы синтеза и области применения супрамолекулярных объектов и устройств.
		ПК-2.2	<i>Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов</i>	уметь: использовать знания для прогнозирования свойств, планирования синтеза и тактики использования сложных надмолекулярных ансамблей.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — 3/108.

Форма промежуточной аттестации зачёт.

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		7
Аудиторные занятия	76	76
в том числе: лекции	38	38
практические	-	-
лабораторные	38	38
Самостоятельная работа	32	32
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час..)	-	-
Итого:	108	108

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздел дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1. Лекции			
1.1	Общие понятия. Место супрамолекулярной химии среди химических дисциплин.	Координационная химия как раздел супрамолекулярной химии. Классификация надмолекулярных структур. Клатраты, кавитаты. Типы соединений включения.	Супрамолекулярная химия https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9559
1.2	Типы взаимодействий в надмолекулярных структурах	Нековалентные взаимодействия в супрамолекулярной химии. Взаимодействия типа ион-ион, ион-диполь, диполь-диполь π -ион, стэкинг-взаимодействие, силы Ван-дер-Ваальса, плотная упаковка, гидрофобные эффекты, водородная связь.	Супрамолекулярная химия https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9559
1.3	Молекулы-хозяева для катионов	Коранды: краун- и лариат-эфир, гетерокрауны. Поданды. Макроциклический эффект, предорганизация. Крипанды, сферанды. Синтез и дизайн анионных хозяев.	Супрамолекулярная химия https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9559
1.4	Молекулы-хозяева для анионов.	Катапинанды. Антикрауны и антиподанды. Хелатирующие реагенты на основе ценовых соединений. Цвиттер-ионы. Гидридная губка. Синтез и дизайн катионных хозяев.	Супрамолекулярная химия https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9559
1.5	Молекулы-хозяева для нейтральных молекул	Клатраты. Гидраты метана, гипотеза «метангидратного ружья». Клатраты мочевины. Каликсарены. Циклодекстрины. Применение нейтральных хелатирующих реагентов. Фуллерены.	Супрамолекулярная химия https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9559
1.6	Темплатный синтез и самосборка	Самосборка. ВТМ. Репликация нуклеиновых кислот. Молекулярные кубы, треугольники, квадраты. Негэнтропийный синтез катенанов, ротаксанов. Темплаты. Матричный синтез	Супрамолекулярная химия https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9559

		корандов и криптандов. Комплексы типа «офис», молекулярные узлы, ротаксаны. Геликаты. Дендримеры.	9559
1.7	Молекулярные устройства	Супрамолекулярная фотохимия. Металлоиндикаторы, флуорофоры, редокс-сенсоры. Молекулярные проводники, полупроводники, переключатели. Молекулярные двигатели.	Супрамолекулярная химия https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9559
1.8	Биомиметика.	Супрамолекулярная модель функционирования ферментов, клеточный транспорт. Биоподражательные структуры. Абиогенный фотосинтез.	Супрамолекулярная химия https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9559

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические (подготовка)	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Общие понятия. Место супрамолекулярной химии среди химических дисциплин.	4	-	4	4	12
2	Типы взаимодействий в надмолекулярных структурах	4	-	4	4	12
3	Молекулы-хозяева для катионов	6	-	6	4	16
4	Молекулы-хозяева для анионов.	6	-	6	4	12
5	Молекулы-хозяева для нейтральных молекул	6	-	6	4	14
6	Темплатный синтез и самосборка	4	-	4	4	14
7	Молекулярные устройства	4	-	4	4	14
8	Биомиметика.	4	-	4	4	14
	Итого:	38	-	38	32	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Организация изучения дисциплины предполагает:

- изучение основных и дополнительных литературных источников;
- выполнение практического задания;
- текущий контроль успеваемости в форме устного опроса по основным разделам дисциплины.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Дж. В. Стив. Супрамолекулярная химия / Дж.В.Стив., Дж.Л.Этвуд ; пер.с англ. под ред. А.Ю.Цивадзе.— М.: ИКЦ «Академкнига», Т.1. – 2007. 480 с.: ил.
2	Дж. В. Стив. Супрамолекулярная химия / Дж.В.Стив., Дж.Л.Этвуд ; пер.с англ. под ред. А.Ю.Цивадзе.— М.: ИКЦ «Академкнига», Т.2. – 2007. 416 с.: ил.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Источник
3	Базы данных ЗНБ ВГУ www.lib.vsu.ru
4	Химия во всех проявлениях – химический портал. Chem.Port.ru http://www.chem.port.ru
5	Супрамолекулярная химия http://www.ch.kcl.ac.uk/supramol/text-book.htm .
6	Курс «Супрамолекулярная химия» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9559

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	
2	

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

При реализации дисциплины применяются различные типы лекций (вводная, обзорные, тематические, проблемные) и лабораторные занятия. Для самостоятельной работы рекомендуется список литературы. При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения (ЭО) и дистанционные образовательные технологии (ДОТ) в части освоения лекционного материала, проведения текущей и промежуточной аттестации, проведения части лабораторных работ и самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9559> Курс «Супрамолекулярная химия»), проведение вебинаров, видеоконференций, взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров. Для освоения дисциплины также рекомендуются ресурсы для электронного обучения (п. 15)

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Персональные компьютеры с доступом в Интернет; мультимедийный проектор, экран, ноутбук.

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-2 Способен планировать работу и выбирать	знать: особенности межмолекулярных взаимодействий, типы и	Типы взаимодействий в надмолекулярных	Устный опрос

адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области химии высокомолекулярных соединений, аналитической и органической химии	классификацию надмолекулярных образований, важнейшие методы синтеза и области применения супрамолекулярных объектов и устройств.	структурах Молекулы-хозяева для катионов Молекулы-хозяева для анионов. Молекулы-хозяева для нейтральных молекул Темплатный синтез и самосборка Молекулярные устройства Биомиметика.	
	уметь: использовать знания для прогнозирования свойств, планирования синтеза и тактики использования сложных надмолекулярных ансамблей.	Молекулы-хозяева для катионов Молекулы-хозяева для анионов. Молекулы-хозяева для нейтральных молекул	Устный опрос
Промежуточная аттестация			КИМ

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

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устный опрос (индивидуальный опрос) или коллоквиум; выполнение письменных домашних и практико-ориентированных заданий, выполнение тестовых заданий, выполнение контрольных работ.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены в п. 20.2

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: практико-ориентированные задания, домашние задания, контрольные работы.

Вопросы для домашнего задания формулирует преподаватель на занятии. На следующем занятии студенты представляют решение домашнего задания, занятие начинается с обсуждения вариантов решения.

Перечень вопросов к зачету:

1. Координационная химия как раздел супрамолекулярной химии.
2. Классификация надмолекулярных структур. Клатраты, кавитаты. Типы соединений включения.
3. Нековалентные взаимодействия в супрамолекулярной химии. Взаимодействия типа ион-ион, ион-диполь, диполь-диполь π-ион, стэкинг-взаимодействие, силы Ван-дер-Ваальса, плотная упаковка, гидрофобные эффекты, водородная связь.
4. Коранды: краун- и лариат-эфиры, гетерокрауны.
5. Криптанты, сферанды.
6. Синтез и дизайн анионных хозяев.
7. Катапинанды. Антикрауны и антиподанды. Цвиттер-ионы.
8. Хелатирующие реагенты на основе ценовых соединений. Гидридная губка
9. Синтез и дизайн катионных хозяев.
10. Клатраты. Гидраты метана, гипотеза «метангидратного ружья». Клатраты мочевины.
11. Каликсарены. Циклодекстрины. Применение нейтральных хелатирующих реагентов.
12. Фуллерены.
13. Самосборка.
14. ВТМ. Репликация нуклеиновых кислот.
15. Молекулярные кубы, треугольники, квадраты. Негэнтропийный синтез катенанов, ротаксанов.
16. Темплаты. Матричный синтез корандов и криптантов.
17. Комплексы типа «офис», молекулярные узлы, ротаксаны. Геликаты. Дендримеры.
18. Супрамолекулярная фотохимия.
19. Металлоиндикаторы, флуорофоры, редокс-сенсоры.
20. Молекулярные проводники, полупроводники, переключатели. Молекулярные двигатели.
21. Супрамолекулярная модель функционирования ферментов, клеточный транспорт.
22. Биоподражательные структуры. Абиогенный фотосинтез.

20.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачёте используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание классификации, способов синтеза, и свойств основных супрамолекулярных систем;
- 2) умение раскрыть взаимосвязи между свойствами надмолекулярных ансамблей и возможностью их практического применения;
- 3) владение способностью иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 2-балльная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен использовать знания для интерпретации процессов синтеза и свойств широкого круга объектов, однако допускает отдельные ошибки при рассмотрении конкретных способов синтеза, интерпретации физико-химических свойств изучаемых объектов</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки....,</i>	–	<i>Не зачтено.</i>

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний. При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.

20.3 Задания, рекомендованные к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины

ПК-2

Тесты без предложенных возможных вариантов ответа

1. Соединения включения, в которых частицы-гости занимают поры и каналы в кристаллической решётке хозяина называются... **КЛАТРАТЫ.**
2. Частицы-хозяева, имеющие в структуре молекулы полость для связывания частицы-гостя называются... **КАВИТАНДЫ.**
3. Макроциклы, содержащие в роли центров связывания атомы металлов принято называть... **АНТИКРАУНЫ.**
4. Участник межмолекулярного взаимодействия со сходящимися центрами связывания принято называть частица-... **ХОЗЯИН.**
5. Макроциклические простые эфиры, содержащие в цикле помимо кислорода другие атомы неметаллов принято называть... **ГЕТЕРОКРАУН-ЭФИРЫ**
6. Хелатирующие реагенты на основе олигоэтиленгликолей с открытой цепью имеют общее наименование... **ПОДАНДЫ.**
7. Молекулы, составленные из несвязанных ковалентно друг с другом макроциклов носят название... **РОТАКСАНЫ.**

Тесты с выбором правильного ответа из предложенных возможных.

1. 18-Краун-6 высокоселективен по отношению к: а) натрию, б) калию, в) литию.
2. Устойчивость ценовых соединений обеспечивает а) стэкинг, б) **π-ионная связь**, в) водородная связь.
3. Сферанды – селективные хелатирующие реагенты для а) бериллия, б) **лития**, в) алюминия.
4. α,α-бис-Диметиламинонафталин в растворе может выполнять функцию а) гидридной губки, б) **протонной губки.**
5. Макробизицклы в супрамолекулярной химии принято называть а) поданды, б) **криптанды**, в) клатранды.
6. Наличие цепи сопряжённых связей – обязательное условие для а) **молекулярного проводника**, б) молекулярного двигателя, в) молекулярного квадрата.
7. Сырьём для промышленного производства циклодекстринов обычно является а) **крахмал**, б) хитин, в) целлюлоза.
8. Наиболее подходящим темплатом для синтеза 18-краун-6 является а) кадмий, б) **калий**, в) кремний.

Практико-ориентированные задания

1. В чём причина низкой селективности подандов, сравнительно с корандами? **Отсутствие предорганизации.**
2. В чём заключается гипотеза «метангидратного ружья»? **высвобождение связанного в клатратах метана при нагреве океана и вечной мерзлоты.**
3. Как применяются клатраты мочевины в нефтехимии? **Очистка и выделение углеводородов с нормальной цепью.**