

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет фундаментальной физико-химической инженерии



УТВЕРЖДАЮ

И.о.декана

/ Ю.Г. Горбунова

«5» сентября 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

Межфакультетский курс «Химия макрогетероциклических соединений. От молекулы к новым материалам»

Уровень высшего образования:

Специалитет, бакалавриат, магистратура

Направление подготовки:

Для студентов естественно-научных специальностей

Направленность (профиль)/специализация ОПОП:

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Методической комиссией факультета

(протокол № 5, от *25 августа 2025*)

г. Москва, 2025

Целью дисциплины “Химия макрогетероциклических соединений. От молекулы к новым материалам” является содействие формированию и развитию у студентов универсальных и профессиональных компетенций, посредством приобретения знаний теоретических основ по химии гетероциклических соединений, о важнейших методах синтеза и механизмах их образования, физико-химических свойствах, методов анализа, также базовых умений подбора условий получения, очистки, идентификации макрогетероциклических структур,

Задачи изучаемой дисциплины:

- Создать чёткое представление о химии макрогетероциклических соединений – истории, современном состоянии и путях развития данного направления;
- Сформировать и расширить знания об особенностях строения макрогетероциклических соединений и закономерностях химических превращений, обусловленных строением молекул;
- Освоить методы направленного синтеза веществ с заданными свойствами и их номенклатуру;
- Познакомить студентов с основными современными достижениями в производстве;
- Ознакомить студентов с современными физико-химическими методами выделения, очистки и идентификации макрогетероциклических соединений;
- Изучить основные классы макрогетероциклических соединений, общих законов превращения соединений, их свойств и путей использования в промышленности;

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Относится к вариативной части, является дисциплиной по выбору.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть)

«Органическая химия», «Неорганическая химия», «Физическая химия», «Координационная и супрамолекулярная химия»

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий, формулировать научно обоснованные гипотезы, применять методологию научного познания в профессиональной деятельности.	УМЕТЬ анализировать варианты решения исследовательских задач в области химии макрогетероциклических соединений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов. ЗНАТЬ основные подходы к решению исследовательских и практических задач в области химии макрогетероциклических соединений.
ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания в области химии для решения научно-исследовательских задач.	УМЕТЬ оценивать адекватность применяемых подходов и для создания материалов на основе макрогетероциклических соединений.
ОПК-4. Способен использовать профессионально-профилированные знания в области химии макрогетероциклических соединений для решения задач профессиональной деятельности, в том числе и междисциплинарного характера.	ЗНАТЬ основные понятия в области химии макрогетероциклических соединений. УМЕТЬ предлагать подходы для создания материалов на основе макрогетероциклических соединений.
ПК-1. Способен применять знания в области химии при проведении исследовательских работ, направленных на решение актуальных вопросов современной науки.	УМЕТЬ воспроизводить и оценивать, основываясь на основных тенденциях развития дисциплины, методы создания материалов на основе макрогетероциклических соединений.
ПК-3. Способен применять знание разделов химии в инновационной научной деятельности.	УМЕТЬ формулировать задачу для создания материалов на основе макрогетероциклических соединений исходя из общей научной проблемы.

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 1 з.е. в том числе 24 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 12 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные трудозатраты обучающегося			Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости* (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы академические часы		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы		
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа			
Введение.	2	-	2	4	КР, ДЗ
Общие понятия: классификация, номенклатура, методы получения макрогетероциклических структур	7	-	4	11	КР, ДЗ
Методы подтверждения и изучения структуры макрогетероциклических соединений	2	-	1	3	КР, ДЗ
Физико-химические свойства, связь «структура-свойство» макрогетероциклических веществ	2	-	1	3	КР, ДЗ
Практическое применение макрогетероциклических структур в передовых областях	2	-	-	2	ДЗ

Промежуточная аттестация – зачет				2	Зачет
Итого	22	-	12	36	-

* КР - контрольная работа; ДЗ – домашнее задание

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

№	Наименование разделов дисциплины	Содержание разделов дисциплин
1	Введение.	История химии макрогетероциклических соединений. Определение и значение в химии и материалах
2	Общие понятия: классификация, номенклатура, методы получения макрогетероциклических структур	Основные типы макрогетероциклических соединений. Критерии классификации: природа гетероатомов, размер кольца, конформационные особенности. Общие правила и рекомендации по систематическому наименованию макрогетероциклов. Тривиальные названия, номенклатура IUPAC, заместительная номенклатура. Типичные комбинации реагентов и наиболее распространенные механизмы циклообразования гетероциклических соединений.
3	Методы подтверждения и изучения структуры макрогетероциклических соединений	Спектроскопические методы. ЯМР-спектроскопия. Инфракрасная спектроскопия. Электронная спектроскопия. Масс-спектрометрия. Рентгеновская кристаллография. Квантово-химические методы. Элементный анализ и другие физико-химические методы.
4	Физико-химические свойства, связь «структура-свойство» макрогетероциклических веществ	Основные физико-химические свойства макрогетероциклов. Электронные и оптические характеристики. Термическая стабильность и термодинамические параметры. Кислотно-основные свойства. Растворимость и сольватация. Влияние структуры на свойства. Роль природы и положения гетероатомов в кольце. Эффект конформации и стерических факторов. Влияние замещения и функциональных групп. Связь между ароматичностью, каталитической активностью.

№	Наименование разделов дисциплины	Содержание разделов дисциплин
5	Практическое применение макрогетероциклических структур в передовых областях	Применение в электронной технике. Использование в сенсорах и полупроводниках. Катализ и координационная химия. Применение макрогетероциклов в гомогенном и гетерогенном катализе. Биомедицина и фармацевтика. Использование макрогетероциклических соединений в качестве лекарственных средств. Роль в создании биосенсоров и диагностических систем. Материаловедение. Макрогетероциклы как структурные единицы в новых функциональных композитах и полимерах. Применение в разработке термостойких и специальных материалов. Новые области применения и перспективы развития макрогетероциклических соединений.

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Примерный вариант письменной контрольной работы

1. К какому классу соединений относится порфин. Предложите схему его синтеза.
2. Дайте подробную характеристику электронного строения хлорофилла.
3. Порфирины – амфотерные соединения. Как меняются кислотно-основные свойства в ряду тетрафенилпорфин, его тетранитро- и тетрабром-производные?

Примерный вариант домашнего задания:

- Напишите химические реакции порфиразина с солями металлов, серной кислотой, с гидроокисью трет-бутиламмония, с органическими кислород- и азотсодержащими основаниями различной протонаакцепторной способностью.

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

1. Классификация макроциклов порфиринового ряда по характеру замещения
2. Методы получения природных порфиринов и их аналогов.
3. Основные подходы к синтезу порфиразинового макроцикла.
4. Особенности синтеза свободного фталоцианина и его металлокомплексов.
5. Симметрично и несимметрично-замещенные порфиразины и фталоцианины Особенности их электронного строения.
6. Факторы, определяющие комплексообразующие свойства порфиринов. Роль кислотно-основных взаимодействий в реакции комплексообразования.
7. Электрохимические свойства порфиринов и их азааналогов.
8. Строение реакционного центра в лигандах порфиринового и порфиразинового типах.
9. Критерии определения ароматичности: структурные, магнитные, энергетические, химические. Квантово-химический подход к описанию строения и свойств гетероароматических соединений.
10. Роль макрогетероциклических соединений в создании новых материалов и функциональных систем.

7. Ресурсное обеспечение

7.1. Перечень основной литературы

1. Березин, Д. Б. Макроциклический эффект и структурная химия порфиринов. М.: КРАСАНД. 2010. 422с.
2. Быкова, Л. М. Строение и реакционная способность ароматических и гетероароматических соединений. СПбГТИ(ТУ), 2015, 50с.
3. Базанов М. И., Филимонов Д. А., Волков А. В., Койфман О. И. Макрогетероциклические соединения: электрохимия, электрокатализ, термохимия. М.: URSS. 2016. 315с.
4. Юровская М.А. Химия ароматических гетероциклических соединений. Лаборатория знаний. 2020.
5. Койфман О.И. и др. Функциональные материалы на основе тетрапиррольных макрогетероциклических соединений. Ленанд. 2019. 848с.
6. Koifman O.I. and other. Synthesis strategy of tetrapyrrolic photosensitizers for their practical application in photodynamic therapy. Macroheterocycles. 2022. V.15. N.4. P.207-302.
7. Koifman O.I. and other. Macroheterocyclic Compounds - a Key Building Block in New Functional Materials and Molecular Devices. Macroheterocycles. 2020. V.13. N.4. P.311-467.

8. Вашурин А.С. и др. Химия жидкофазных систем и функциональных материалов на основе координационных соединений линейных и циклических полипирролов. Известия высших учебных заведений. Серия химия и химическая технология. 2023. Т.66. Н.7. С.76-97.
9. Abdulaeva I.A., Birin K.P., Tsivadze A.Y., Gorbunova Y.G., Bessmertnykh-Lemeune A. Heterocycle-appended porphyrins: synthesis and challenges. Coordination Chemistry Reviews. 2020. V.407. P.213108.
10. Гольдшлегер Н.Ф., Лапшина М.А., Баулин В.Е., Ширяев А.А., Горбунова Ю.Г., Цивадзе А.Ю. Супрамолекулярные ансамбли с участием краун- и фосфорилсодержащих фталоцианинов и их металлокомплексов в микрогетерогенных средах. Известия академии наук. Серия химическая. 2020. Н.7. С.1223-1244.
11. Martynov A.G., Safonova E.A., Tsivadze A.Y., Gorbunova Y.G. Functional molecular switches involving tetrapyrrolic macrocycles. Coordination Chemistry Reviews. 2019. V.387. P.325-347.
12. Martynov A.G., Gorbunova Yu.G. Advances in tetrapyrrolic chemistry over 2018-2022 of research group headed by full member of RAS A. Yu. Tsivadze: highlights on the occasion of his anniversary. Macroheterocycles. 2023. V.16. N.1. P.5-18.
13. Charushin, V. N. and other. The chemistry of heterocycles in the 21st century. Russian Chemical Reviews. 2024. V.93. N.7.

7.2. Перечень дополнительной литературы

1. Берестовицкая, В.М. Химия гетероциклических соединений. Лань. 2023.
2. Тимошенко Л.В., Сарычева Т.А. Гетероциклические соединения. Учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2013. 90 с.
3. Пятаков Д.А., Чернышев В.М. Высокоэнергетические материалы на основе азотсодержащих гетероциклов. Учебное пособие. НОК. 2013. 84 с.
4. Гнедин Б.Г., Петрова Р.А., Голубчиков О.А. Синтезы органических соединений. Учеб. пособие для химических вузов / Под ред. О.А. Голубчикова. 3-е изд., испр. СПб: НИИ химии СПбГУ, 2002. 178 с.
5. Ломова, Т. Н. Основы синтеза и механизмы химических превращений порфиринов и их аналогов. Иваново : ИГХТУ, 2006. 70 с.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «ИНФРА-М» «Znanium.com» <http://znanium.com/>.
2. Реферативная база данных «Web of Science» <http://webofknowledge.com/>.
3. Реферативная база данных «Scopus» <http://www.scopus.com/>.
4. Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» <http://www.elibrary.ru/>.
5. Национальная электронная библиотека («НЭБ») <http://нэб.рф/>.
6. База данных Organic Syntheses: <http://www.orgsyn.org>
7. База данных ChemSynthesis: <http://www.chemsynthesis.com>

7.4. Описание материально-технического обеспечения

Занятия проводятся в аудиториях, оснащенных персональными компьютерами и мультимедийным проектором.

8. Таблица с критериями оценки

- Перечень компетенций: УК-1, ОПК-1, ОПК-4, ПК-1, ПК-3.
- Описание шкал оценивания: зачёт со шкалой «неудовлетворительно/удовлетворительно/хорошо/отлично».
- Критерии и процедуры оценивания результатов обучения дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций.

8.1. Шкала оценочных средств для аттестации по курсу «Введение в квантовые вычисления»

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	2 Неудовл. (не зачтено)	3 Удовл. (зачтено)	4 Хорошо (зачтено)	5 Отлично (зачтено)	Оценочные средства
(УК-1.) УМЕТЬ анализировать варианты	Фрагментарное проявление	В целом успешное, но	В целом успешное, но	Сформированные умения	Индивидуальное собеседование,

решения исследовательских задач в области химии макрогетероциклических соединений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.	умения анализировать варианты решения исследовательских задач в области химии макрогетероциклических соединений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.	не систематическое проявление умения анализировать варианты решения исследовательских задач в области химии макрогетероциклических соединений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.	содержащее отдельные пробелы проявление умения анализировать варианты решения исследовательских задач в области химии макрогетероциклических соединений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.	анализировать варианты решения исследовательских задач в области химии макрогетероциклических соединений и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.	устные ответы на вопросы, письменные ответы на вопросы контрольной и домашней работ
(УК-1.) ЗНАТЬ основные подходы к решению исследовательских и практических задач в области химии макрогетероциклических соединений.	Фрагментарное проявление знаний основных подходов к решению исследовательских и практических задач в области химии макрогетероциклических соединений.	В целом успешное, но не систематическое проявление знаний основных подходов к решению исследовательских и практических задач в области	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление знаний основных подходов к решению исследовательских и практических	Сформированные систематические знания основных подходов к решению исследовательских и практических задач в области химии макрогетероциклических соединений.	Индивидуальное собеседование, устные ответы на вопросы, письменные ответы на вопросы контрольной и домашней работ

	ических соединений.	химии макрогетероциклических соединений.	задач в области химии макрогетероциклических соединений.		
(ОПК-1.) УМЕТЬ оценивать адекватность применяемых подходов и для создания материалов на основе макрогетероциклических соединений.	Фрагментарное проявление умения оценивать адекватность применяемых подходов и для создания материалов на основе макрогетероциклических соединений.	В целом успешное, но не систематическое проявление умения оценивать адекватность применяемых подходов и для создания материалов на основе макрогетероциклических соединений.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения оценивать адекватность применяемых подходов и для создания материалов на основе макрогетероциклических соединений.	Сформированные умения оценивать адекватность применяемых подходов и для создания материалов на основе макрогетероциклических соединений.	Индивидуальное собеседование, устные ответы на вопросы, письменные ответы на вопросы контрольной и домашней работ
(ОПК-4.) ЗНАТЬ основные понятия в области химии макрогетероциклических соединений.	Фрагментарное проявление знаний основных понятий в области химии макрогетероциклических соединений.	В целом успешное, но не систематическое проявление знаний основных понятий в области химии макрогетероциклических соединений.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление знаний основных понятий в области химии макрогетероциклических соединений.	Сформированные систематические знания основных понятий в области химии макрогетероциклических соединений.	Индивидуальное собеседование, устные ответы на вопросы, письменные ответы на вопросы контрольной и домашней работ

		клических соединений.	лических соединений.		
(ОПК-4.) УМЕТЬ предлагать подходы для создания материалов на основе макрогетероциклических соединений.	Фрагментарное проявление умения предлагать подходы для создания материалов на основе макрогетероциклических соединений.	В целом успешное, но не систематическое проявление умения предлагать подходы для создания материалов на основе макрогетероциклических соединений.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения предлагать подходы для создания материалов на основе макрогетероциклических соединений.	Сформированные умения предлагать подходы для создания материалов на основе макрогетероциклических соединений.	Индивидуальное собеседование, устные ответы на вопросы, письменные ответы на вопросы контрольной и домашней работ
(ПК-1.) УМЕТЬ воспроизводить и оценивать, основываясь на основных тенденциях развития дисциплины, методы создания материалов на основе макрогетероциклических соединений.	Фрагментарное проявление умения воспроизводить и оценивать, основываясь на основных тенденциях развития дисциплины, методы создания материалов на основе макрогетероциклических соединений.	В целом успешное, но не систематическое проявление умения воспроизводить и оценивать, основываясь на основных тенденциях развития дисциплины, методы создания материалов на	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения воспроизводить и оценивать, основываясь на основных тенденциях развития дисциплины, методы создания материалов на	Сформированные умения воспроизводить и оценивать, основываясь на основных тенденциях развития дисциплины, методы создания материалов на основе макрогетероциклических соединений.	Индивидуальное собеседование, устные ответы на вопросы, письменные ответы на вопросы контрольной и домашней работ

		основе макрогетероци клических соединений.	основе макрогетероцик лических соединений.		
(ПК-3.) УМЕТЬ формулировать задачу для создания материалов на основе макрогетероциклических соединений исходя из общей научной проблемы.	Фрагментарное проявление умения формулировать задачу для создания материалов на основе макрогетероцикл ических соединений исходя из общей научной проблемы.	В целом успешное, но не систематическо е проявление умения формулировать задачу для создания материалов на основе макрогетероци клических соединений исходя из общей научной проблемы.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения формулировать задачу для создания материалов на основе макрогетероцик лических соединений исходя из общей научной проблемы.	Сформированные умения формулировать задачу для создания материалов на основе макрогетероцикли ческих соединений исходя из общей научной проблемы.	Индивидуальное собеседование, устные ответы на вопросы, письменные ответы на вопросы контрольной и домашней работ

9. Язык преподавания: русский

10. Разработчик программы

Разработчик программы: д.х.н., проф. Вашурин Артур Сергеевич.