

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет дружбы народов»*

Факультет физико-математических и естественных наук

Рекомендовано МССН
по направлению 04.00.00 «Химия»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины

ХИМИЯ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Рекомендуется для направления подготовки

04.04.01 «ХИМИЯ»

Направленность программы (профиль)

«ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»

1. Цели и задачи дисциплины.

Цель изучения курса «Химия гетероциклических соединений» состоит в формировании системных знаний о закономерностях в химическом поведении основных классов гетероциклических соединений во взаимосвязи с их строением для использования этих знаний в качестве основы при изучении на молекулярном уровне процессов, протекающих в природе и живых системах.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО.

Дисциплина «Химия гетероциклических соединений» относится к вариативной части блока 1 учебного плана по направлению 04.04.01 и является дисциплиной модуля 1 по выбору. Для успешного освоения дисциплины учащийся магистратуры обязан иметь базовые знания на уровне бакалавра. Химия гетероциклических соединений является фундаментальной наукой современной химии. В свою очередь, химия является важнейшей составной частью естествознания. Поэтому знание теории химических процессов и моделей взаимодействия данных систем используют для решения самого широкого круга современных научных и технических задач.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
Универсальные компетенции			
УК-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	Актуальные задачи современной химии Методы органической химии Теоретическая органическая химия Методика работы с БД Домино реакции в синтезе гетероциклов НИР Экспериментальные методы исследования в химии ЯМР органических соединений Масс-спектрометрия органических соединений Основы дизайна ЛП Химия природных соединений Основы биотехнологии Молекулярный спектральный анализ	Экспериментальные методы исследования в химии Преддипломная практика

Профессиональные компетенции		
М-ПК-1-н Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	Актуальные задачи современной химии Методы органической химии Теоретическая органическая химия Методика работы с БД Домино реакции в синтезе гетероциклов НИР Экспериментальные методы исследования в химии ЯМР органических соединений Масс-спектрометрия органических соединений Основы дизайна ЛП Химия природных соединений Основы биотехнологии Молекулярный спектральный анализ	Экспериментальные методы исследования в химии Преддипломная практика
М-ПК-2-н Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	Актуальные задачи современной химии Методы органической химии Теоретическая органическая химия Методика работы с БД Домино реакции в синтезе гетероциклов НИР Экспериментальные методы исследования в химии ЯМР органических соединений Масс-спектрометрия органических соединений Основы дизайна ЛП Химия природных соединений Основы биотехнологии Молекулярный спектральный анализ	Экспериментальные методы исследования в химии Преддипломная практика

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции

Компетенции	Название компетенции	Составляющие компетенции
УК-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), оптимально их использует для успешного выполнения порученного задания. УК-6.2. Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям; УК-6.3. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, используя инструменты непрерывного образования, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности и динамично изменяющихся требований рынка труда
М-ПК-1-н	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы	М-ПК-1-н-1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий, М-ПК-1-н-2. Выбирает экспериментальные и расчетно-

	решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов
М-ПК-2-н	Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	М-ПК-2-н-1. Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных М-ПК-2-н-2. Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: основы современных теорий в области химии гетероциклических соединений и способы их применения для решения теоретических и практических задач.

Уметь: самостоятельно ставить задачу исследования, выбирать оптимальные пути и методы решения подобных задач как экспериментальных, так и теоретических; обсуждать и интерпретировать результаты исследований, ориентироваться в современной литературе по органической химии, вести научную дискуссию по вопросам химии гетероциклических соединений.

Владеть: номенклатурой гетероциклических соединений, классификацией гетероциклов: по размеру цикла, по гетероатомам, их числу и взаимному расположению в цикле; знаниями особенностей поведения данных систем в различных условиях, представлениями об общих методах синтеза различных гетероциклов с одним и более гетероатомами; знаниями о реакционной способности и селективности взаимодействия каждого класса гетероциклов; основными навыками для проведения химического эксперимента; способностью применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных и справочной литературы; основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Модули			
		6			
Аудиторные занятия (всего)	48	48			
В том числе:					
Лекции	32	32			
Практические занятия (ПЗ)					

Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	16	16			
Самостоятельная работа (всего)	96	96			
Общая трудоемкость	час	144	144		
	зач. ед.	4	4		

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Введение	Гетероциклические соединения в природе, применение гетероциклических соединений в медицине и промышленности. Строение гетероциклических соединений. Ароматичность и антиароматичность. Краткая история химии гетероциклов. Условность выделения в отдельную главу. Преимущественное значение азота, кислорода и серы как гетероатомов. Классификация гетероциклов: по размеру цикла, по гетероатомам, их числу и взаимному расположению в цикле. Гетероатомы пиррольного и пиридинового типа.
2	Номенклатура гетероциклических соединений, малые циклы	Номенклатура гетероциклов: тривиальные названия; система Ганча-Вильдмана и номенклатура IUPAC; заместительная номенклатура. Номенклатура аннелированных циклов, литература по химии гетероциклов. Малые циклы. Методы синтеза. Реакции с электрофилами и нуклеофилами. Применение в органическом синтезе.
3	Пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом	Общие методы получения пятичленных гетероциклов с одним гетероатомом. Общая характеристика электронного строения, ароматичности и реакционной способности пятичленных гетаренов; сравнение с винильными аналогами и насыщенными циклами. Пиррол и его бензопроизводные: индол, изоиндол, индолизин, карбазол. Фуран, тиофен, и их бензпроизводные. Электрофильное замещение. Общие закономерности. Проблема α/β - селективности: реакционная способность, влияние природы гетероатома, бензаннелирования. С-электрофилы: алкилирование, ацилирование, реакция Михаэля. Конденсация с карбонильными соединениями; олиго- и полимеризация пиррола и фурана. Аномальное алкилирование пирролов алкоголями. Другие типы электрофилов. Нитрование, нитрозирование, азосочетание, сульфирование, галогенирование, меркурирование. Общие закономерности передачи влияния заместителей в пятичленных гетаренах. Ориентирующий эффект одного и

		<p>нескольких заместителей. Пиррол и индол как NH-кислоты; селективность электрофильной атаки в анионах; роль координации катиона. альфа-Металлирование пятичленных гетаренов; использование карбанионов в реакциях с электрофилами. Электрофильное замещение с участием заместителей. Атака в безольное ядро в ряду бензопроизводных. Электрофильное замещение в боковой цепи. Таутомерия окси- и аминсоединений, направление электрофильной атаки. Индолизин, методы синтеза, реакции. Изатин, оксиндол, синтез и реакции на их основе.</p>
4	<p>Пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами</p>	<p>Общая характеристика: электронное строение и реакционная способность, методы синтеза; азолы как π-амфотерные системы. 1,3-Азолы (имидазол, оксазол, тиазол); 1,2-азолы (пиразол, изоксазол, изотиазол) и их бензпроизводные. Пиразолон-5 –использование в синтезе лекарственных препаратов. Присоединение нуклеофилов к солям азолиев. Примеры нуклеофильного замещения в ряду 1,2- и 1,3-азолов и их катионов. Основность азолов: влияние природы гетероатома пиррольного типа, числа и положения аза-групп, бензаннелирования. Направление протонирования. Электрофильная атака по атому азота в азолах и азолил-анионах. Электрофильное замещение в азолах, катионах азолия. Селективность реакций. Роль илидных интермедиатов. Окисление и восстановление азолов.</p>
5	<p>Шестичленные гетероциклические соединения</p>	<p>Общая характеристика электронного строения, ароматичности и реакционной способности шестичленных гетаренов. Пиридин, азины и бензазины. Катионы пиридиния, азиниев, пириллия и тиापириллия и их бензпроизводные. Пиридоны, пироны и их аналоги. N-Окиси пиридина и его аналогов; илиды и мезоионные системы, 1,3- и 1,4-диполи. Методы синтеза пиридина и хинолина. Общие закономерности передачи влияния заместителей в ядре пиридина; различие в свойствах заместителей в α-, β- и γ- положениях пиридина. Таутомерия замещенных пиридинов: влияние природы α-, β- и γ-заместителя (OH⁻, SH⁻, NH₂⁻, CH₃-групп) на положение таутомерного равновесия. Эффект бензаннелирования (различное влияние на примере изомерных изохинолонов). Нуклеофильное замещение в ряду пиридина и хинолина. Традиционный механизм S_N2Ar. Сравнительная активность хлорпроизводных. Замещение с отщеплением заместителя у соседнего атома. Реакция Чичибабина. Реакции раскрытия цикла и рециклизации. Перегруппировка Димрота и ее аналоги. Индолы из солей нитропиридиния. Электрофильное замещение в пиридиновом ядре: ориентация; примеры реакций. Факторы, затрудняющие протекание реакций (π-</p>

		дефицитность, протонирование субстрата, координация с электрофилом) и их нивелирование (введение активирующих легко удаляемых групп, катализ солями металлов). Влияние заместителей: ориентация, легкость протекания, стерические эффекты. Основность субстрата как фактор, определяющий структуру интермедиата и глубину протекания процесса (на примере нитрования метоксипиридинов). Влияние аза-замещения и бензаннелирования. N-Окись пиридина в реакциях с электрофилами; проблема селективности. Окисление и восстановление шестичленных гетероциклов. Реакции в гетероароматическом ядре и заместителях. Хинолин, изохинолин. Методы синтеза реакционная способность. Диазины. Синтез, реакции нуклеофильного и электрофильного замещения.
--	--	--

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практические занятия и лабораторные работы		СРС	Всего час.
			ПЗ/С	ЛР		
1.	Введение. Основные понятия гетероциклических соединений	2			5	7
2.	Номенклатура гетероциклических соединений Малые циклы	4		2	20	26
3.	Пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом	10		4	23	37
4.	Пятичленные гетероциклы с двумя гетероатомами	8		4	23	35
5.	Шестичленные гетероциклические соединения	8		6	25	39
	Всего	32		16	96	144

6. Лабораторный практикум

* Темы лабораторных работ могут изменяться в зависимости от тематики исследовательской работы магистра.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (час.)
1.	2	Номенклатура гетероциклических соединений	1
2.	2	Малые циклы. Применение в органическом синтезе	1
3.	3	Химические свойства пятичленных гетероциклов.	2

		Фуран, пиррол, тиофен.	
4.	4	1,3-Азолы (имидазол, оксазол, тиазол); 1,2-азолы (пиразол, изоксазол, изотиазол)	4
5.	3	Индол, химические свойства. Производные индола.	2
6.	5	Пиридин методы синтеза, электрофильное замещение	1
7.	5	Нуклеофильное замещение в пиридине. Индолы из солей нитропиридиния.	1
8.	5	Хинолин методы синтеза, реакционная способность	2
9.	5	Реакционная способность изохинолина	1
10.	5	Диазины, синтез, реакционная способность	1
	Всего		16

7. Практические занятия (семинары) – не предусмотрены учебным планом.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

ул. Орджоникидзе, д.3, корп. 1

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также для самостоятельной работы:

ауд.№ 612 Комплект специализированной мебели; технические средства: проектор BENQ MX661, проектор NEC NP40, экран моторизованный для проекторов, столы; имеется wi-fi

ул. Орджоникидзе, д.3, стр. 6

Учебно-научная лаборатория для проведения занятий лабораторного типа, индивидуальных консультаций, лаборатория химии гетероциклических соединений:

ауд.№ 502 Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории: вытяжной шкаф, холодильник, компьютер, МФУ ротационный испаритель, колбонагреватель, магнитная мешалка без нагрева, магнитная мешалка с нагревом, весы электронные, вакуумный насос, УФ реактор, газовый баллон, имеется выход в интернет

ул. Орджоникидзе, д.3, стр. 6

Учебно-научная лаборатория для проведения занятий лабораторного типа, индивидуальных консультаций, лаборатория органического синтеза:

ауд.№ 600 Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории: микроволновый реактор MonoWave 300, вакуумная станция, холодильник «Атлант», компьютер, вакуумный насос

мешалка магнитная с подогревом, колбонагреватель, весы, вытяжной шкаф, ротационный испаритель,

сушильный шкаф, мешалка магнитная без подогрева, имеется выход в интернет

ул. Орджоникидзе, д.3, стр. 6

Учебно-научная лаборатория для проведения занятий лабораторного типа, индивидуальных консультаций, лаборатория органического синтеза:

ауд.№ 601 Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории: компьютер, вакуумный насос, мешалка магнитная с

подогревом, колбонагреватель, весы, вытяжной шкаф, ротационный испаритель, сушильный шкаф, магнитная мешалка без подогрева, компьютер, имеется выход в интернет

ул. Орджоникидзе, д.3, корп. 1

Учебно-научная лаборатория для проведения занятий лабораторного типа, индивидуальных консультаций, лаборатория органического синтеза:

ауд.№ 616 Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории:

вытяжной шкаф, автоматический аппарат для определения температуры плавления, водоструйный вакуумный насос, колбонагреватель лабораторный, ледогенератор, магнитная лабораторная мешалка, магнитная лабораторная мешалка с нагревом, мембранный вакуумный насос, масляный вакуумный насос, ротационный испаритель, строительный фен, ультразвуковая баня

химическая вакуумная станция, холодильник, чиллер для охлаждения воды, холодильник, компьютер, газовый баллон, имеется выход в интернет

ул. Орджоникидзе, д.3, стр. 2

Учебно-научная лаборатория для проведения занятий лабораторного типа, индивидуальных консультаций, лаборатория химии гетероциклических соединений

ауд.№ 627 Комплект специализированной мебели; специализированное оборудование химической лаборатории: вытяжной шкаф, ротационный испаритель, УФ-лампа+камера, весы, колбонагреватель, магнитная мешалка с нагревом, магнитная мешалка без нагрева. лабораторный сушильный шкаф, микроволновый реактор, принтер

компьютер, чиппер, сушка для хим.посуды «Елочка». насосы (для низкого давления), мембранный насос. Холодильник, газовые баллоны, имеется выход в интернет

Для исследования образцов методом ИК и ЯМР спектроскопии используются приборы Научно-образовательного центра коллективного пользования РУДН: <http://www.rudn.ru/index.php?pagec=5972> , а также ЦКП ФХИ РУДН: <http://fizmat-rudn.ru/ckp-fhi>.

9. Информационное обеспечение дисциплины

а) Программа корпоративного лицензирования (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions № 86626883 (продлевается каждый год, при этом программе присваивается новый номер), ISIS Draw.

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <https://elibrary.ru/defaultx.asp>

2. <https://www.cambridge.org/core>

3. <https://www.nature.com/siteindex>

4. <https://pubs.acs.org/>

5. <https://academic.oup.com/journals/>

6. <https://www.reaxys.com/#/search/quick>

7. <https://science.sciencemag.org/content/by/year>

8. <https://sso.cas.org/as/iUzef/resume/as/authorization.ping>

9. <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>

10. https://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=C4zBmV7GtlgeIan1VKD&preferencesSaved=

11. Методические материалы на сайте ТУИС (рабочая программы курса, лекционные материалы, методическое обеспечение лабораторных занятий, материалы для подготовки к аттестационным испытаниям).

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Л. Титце, Г. Браше, К. Герике Домино-реакции в органическом синтезе. М., Бинوم 2010
2. Иванский В.И. Химия гетероциклических соединений, Москва, Высшая школа, 1978
3. Дж. Джоуль, М. Миллс Химия гетероциклических соединений, Москва, Мир, 2004

б) дополнительная литература

1. Шестичленные гетероциклы: Текст лекций по спецкурсу "Химия гетероциклических соединений" / Сост. Л. А. Гайворонская. - М. :УДН, 1983. - 56 с. ил. - 0.10.
2. Пятичленные гетероциклы Текст лекций по спецкурсу "Химия гетероциклических соединений" / Л. А. Гайворонская. - М. : УДН, 1981. - 55 с. : ил. - 0.10.
3. Пакетт Д., Основы современной химии гетероциклических соединений. М., Мир, 1971

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

Условия и критерии выставления оценок: от студентов требуется посещение лекций и лабораторных занятий, обязательное участие в аттестационно-тестовых испытаниях, выполнение заданий преподавателя. Для оценки текущих контрольных работ и итогового контроля применяется балльно-рейтинговая система оценки знаний. Студентами в семестре выполняются 4 письменных контрольных работы, включающие 4-5 заданий. На выполнение каждой из них дается 90 минут. Максимальное число баллов за контрольную работу – 10.

Лекции:

Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации.

Подготовка к промежуточной аттестации

При подготовке к итоговому контролю необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

Методические указания и рекомендации по выполнению лабораторных работ.

На лабораторном практикуме подробно разбирается методика проведения синтеза конкретного соединения, делается расчет для составления материального баланса, знакомится со свойствами веществ, используемых для выполнения химического эксперимента, изучает инструкции по работе с некоторыми соединениями и классами веществ, учитывая их потенциальную химическую опасность. Для каждого опыта проводится теоретический анализ, рассматриваются возможные побочные процессы. Полученные соединения идентифицируются физико-химическими методами.

1) Оформленная лабораторная работа в рабочем журнале (должны быть заполнены столбцы 1, 2)

При выполнении экспериментальной работы студент обязан:

- 1) Предварительно подробно ознакомиться с теоретическим материалом и хорошо понять химизм процессов, которые предстоит изучить на практике.
- 2) Внимательно прочитать в методическом руководстве порядок выполнения данного синтеза.
- 3) Выполнить синтез, соблюдая все меры предосторожности и проводя нужные наблюдения.
- 4) Записать результаты опыта в лабораторную тетрадь (столбец (3)) по следующей форме:

Лабораторная работа №

Название работы:

№ Опыта	Дата	Уравнение основной реакции.	Расчёт навесок и объёмов реагентов.	Методика и ход выполнения синтеза.	Выход, и физические характеристики продукта.
Цель опыта.		Механизм реакции.	Возможные побочные.		Данные, использованных методов анализа продукта.
Ссылка на источник методики					Выводы.

Техника безопасности: (Использование резиновых перчаток, очков и проч. в ходе работы)

Подпись преподавателя, число.

- 5) После окончания работы привести в порядок рабочее место и сдать его лаборанту или преподавателю и сделать выводы по выполненной лабораторной работе (столбец (4)).

Правила выполнения письменных работ (контрольных тестовых работ).

Для проверки усвоения теоретических знаний и выполнения лабораторных работ, студенты выполняют письменные контрольные работы.

- Контрольные работы выполняются по пунктам в отдельной тетради, на обложке которой указаны название дисциплины, фамилия и инициалы, специальность, курс. Перед каждой контрольной работой указывается номер контрольной работы, вариант задания, дата.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Химия гетероциклических соединений» (оценочные материалы), включающие в себя перечень компетенций с указанием этапов их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, 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, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, разработаны в полном объеме и доступны для обучающихся на странице дисциплины в ТУИС РУДН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Разработчики:

Заведующий кафедрой органической химии



Воскресенский Л. Г.

Руководитель программы

профессор,
кафедры органической химии



Варламов А. В.

Заведующий кафедрой

органической химии



Воскресенский Л. Г.