

Приложение 2
Утверждено Приказом ФИЦ КазНЦ РАН
от 18.11.2024 № 09-АО

Разработано и рекомендовано к утверждению
Ученым советом ИОФХ им. А.Е. Арбузова -
обособленного структурного подразделения
ФИЦ КазНЦ РАН
«6» ноября 2024 г., протокол № 10

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Химия гетероциклических соединений»

Составная часть
**ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ -
программы подготовки научных и научно-педагогических кадров
в аспирантуре**

Научные специальности
**1.4.3. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
1.4.9. БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
1.4.16. МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ**

СОДЕРЖАНИЕ

1. Виды учебной деятельности, способ и формы ее проведения, трудоемкость дисциплины.
2. Перечень планируемых результатов обучения.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Содержание дисциплины.
5. Учебно-тематический план занятий.
6. Формы текущего контроля, критерии оценки.
7. Перечень учебной литературы и ресурсов сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины.
8. Описание материально-технической базы, необходимой для освоения дисциплины.

1. ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, СПОСОБ И ФОРМЫ ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ, ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебной деятельности: аудиторные занятия – 27 часов, самостоятельная работа – 92 часа, зачет - 1 час, всего – 120 часов.

Форма проведения аудиторных занятий – лекции, семинары и консультации.

В рамках часов самостоятельной работы по указанию преподавателя аспиранты прорабатывают темы и осваивают теоретические вопросы, излагаемые в лекционном курсе, а также самостоятельно изучают другие вопросы программы.

Формой итогового контроля является зачет.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

В результате освоения дисциплины выпускник должен

Знать:

- классификацию и номенклатуру гетероциклических соединений; типы природных гетероциклов;
- теорию строения гетероциклических соединений;
- основные методы синтеза гетероциклов и их химические свойства.

Владеть:

- навыками выбора оптимальных путей и методов многостадийного синтеза гетероциклических соединений;
- навыками установления соотношения «структура – физические свойства / химические свойства / биологическая активность» для гетероциклических соединений.

Уметь:

- анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов синтеза;

- реализовывать схемы синтеза различных гетероциклических соединений;
- осуществлять выбор реагентов, применяемых для конкретного превращения гетероциклических соединений.

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Химия гетероциклических соединений» является элективной и/или факультативной дисциплиной и включена в Блок «Образовательная компонента» основных профессиональных образовательных программ высшего образования – программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научным специальностям 1.4.3. Органическая химия, 1.4.9. Биоорганическая химия, 1.4.16. Медицинская химия. Обучение планируется на втором и/или третьем курсе.

Данная дисциплина базируется на знаниях и умениях, выработанных при прохождении общих профессиональных курсов «Органическая химия», «Химия природных соединений» в рамках магистерской программы образования или специалитета.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основу дисциплины составляют изучение строения, методов синтеза, химических свойств и биологических функций гетероциклических соединений; формирование у аспирантов знаний и умений, позволяющих планировать синтезы различных гетероциклических соединений. **Цели и задачи освоения дисциплины** – 1) формирование представлений об основных современных подходах с использованием методов органической химии к созданию новых гетероциклических соединений; 2) рассмотрение химических свойств гетероциклических соединений; раскрытие роли гетероциклических соединений в функционировании живой клетки; 3) подготовка аспирантов, обучающихся по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научным специальностям 1.4.3. Органическая химия, 1.4.9. Биоорганическая химия и 1.4.16. Медицинская химия, к сдаче кандидатского экзамена по специальным дисциплинам «Органическая химия» и/или «Биоорганическая химия» и/или «Медицинская химия».

5. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Наименование темы	Аудит. занятия	Самост. работа	Всего часов
1.	Введение. Краткая история химии гетероциклов. Классификация гетероциклов: по размеру цикла, по гетероатомам, их числу и взаимному расположению в цикле	1	4	5
2.	Номенклатура гетероциклов: тривиальные названия; система Ганча-Вильдмана и номенклатура IUPAC; заместительная номенклатура. Номенклатура аннелированных циклов	1	4	5

3.	Гетероароматичность. Гетероатомы пиррольного и пиридинового типа; исключения, показывающие условность такого деления. Концепция π -избыточности и π -дефицитности гетаренов	1	4	5
4.	Синтез гетероциклических соединений. Типы химических реакций, приводящих к формированию гетероциклических соединений (реакции гетероциклизации): реакции циклоприсоединения, электроциклические реакции. Классификация реакций циклоприсоединения: [2+1]-, [3+2]- и [4+2]-циклоприсоединение; особенности циклоприсоединения. Типичные комбинации реагентов и наиболее распространенные механизмы циклообразования гетероциклических соединений.	1	4	5
5.	Пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом Фуран и его производные. Пиррол и его производные. Тиофен и его производные. Строение молекулы: геометрия и молекулярная диаграмма. Способы получения. Физические свойства и спектральные характеристики. Химические свойства.	3	10	13
6.	Пятичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами. 1,2-Азолы (пиразол, изотиазол, изоксазол). 1,3-Азолы (имидазол, тиазол, оксазол). Строение молекул: геометрия и молекулярные диаграммы. Основные способы получения. Сравнительная характеристика физических и физико-химических констант, спектральные данные. Химические свойства. Сравнительная характеристика 1,2- и 1,3-азолов в реакциях с электрофильными и нуклеофильными реагентами.	3	10	13
7.	Пятичленные гетероциклические соединения стремя гетероатомами 1,2,3-Триазолы. 1,2,4-Триазолы. Прототропная изомерия. Строение молекул изомеров: геометрия и молекулярные диаграммы. Способы получения триазолов и их производных. Химические свойства.	3	10	13
8.	Пятичленные гетероциклические соединения с четырьмя гетероатомами. Тетразолы. Типы таутомерных превращений: прототропная перегруппировка, кетонольная таутомерия, имино-енаминная таутомерия, тион-тиольная таутомерия, азидо-азаметинотетразольная таутомерия. Строение молекул 1Н- и 2Н-тетразолов: геометрия и молекулярные диаграммы. Способы получения 1Н- и 2Н-тетразолов и их производных. Химические свойства.	3	10	13
9.	Шестичленные гетероциклические соединения с	3	9	12

	одним гетероатомом. Пиридин и его неаннелированные производные. Строение пиридина: геометрия молекулы и молекулярная диаграмма. Пиридиновый атом азота и его роль в ароматической системе молекулы. Общие сведения о пиридине, его физико-химические константы; сравнение с бензолом, нитробензолом и пирролом.			
	Производные пиридина. Четвертичные пиридиновые соли. N-Оксид пиридина. Пиперидин. Бензаннелированные производные пиридина (хинолин, изохинолин, акридин). Строение молекулы, получение и краткая химическая характеристика.	3	9	12
10	Шестичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами 1,2-Диазины (пиридазины). 1,3-Диазины (пиримидины). 1,4-Диазины (пиразины). Бензаннелированные производные 1,2-диазинов (циннолин, фталазин), 1,3-диазинов (хиназолины), 1,4-диазинов (хиноксалины). Строение молекулы: геометрия и молекулярная диаграмма. Способы получения. Физические свойства. Химические свойства. Перегруппировка Мамедова	3	10	13
11	Шестичленные гетероциклические соединения с тремя и четырьмя гетероатомами. Триазины. Тетразины. Строение молекулы: геометрия и молекулярная диаграмма. Способы получения. Краткая характеристика физических и химических свойств	2	8	10
	ЗАЧЕТ	1	-	1
ВСЕГО		28	92	120

6. ФОРМЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

6.1. Итоговый контроль: формой итогового контроля по дисциплине является Зачет.

Зачет включает обсуждение на основе презентации и краткого доклада обзора литературы по статьям за последние 2-3 года из новейших номеров журналов по органической и химии гетероциклических соединений в соответствии с темой научного исследования аспиранта с выполнением дополнительных заданий по выбору оптимальных путей синтеза, определению основных типов органических реакций из представленного доклада.

6.2. Критерии оценки итогового контроля:

Оценка	Требования к знаниям и критерии выставления оценок:
зачтено	Аспирант при ответе демонстрирует знание тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями и терминами, знает особенности развития соответствующей области науки, имеет представление о специфике объектов исследований. Информирован о современных направлениях работ, ознакомлен с содержанием основных литературных источников, способен делать анализ проблем и намечать пути их решения.
не зачтено	Аспирант демонстрирует плохое знание большей части основного материала в соответствующей области науки. Не информирован или слабо разбирается в проблемах, и не в состоянии наметить пути их решения.

При выборе аспирантом дисциплины «Химия гетероциклических соединений» в качестве элективной, зачет по дисциплине является допуском к промежуточной аттестации – кандидатскому экзамену по специальной дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

7.1. Литература

1. Газизов М.Б., Иванова С.Ю., Хайруллина О.Д., Каримова Р.Ф., Хайруллин Р.А. Заместительная номенклатура ИЮПАК органических соединений. Названия заместителей / 2019, с.54-3,37.
2. Газизов М.Б., Хайруллин Р.А., Каримова Р.Ф. Номенклатура органических соединений: Конспекты лекций, обучающие задачи и справочный материал. - Казань: Изд-во Казан.Гос.Технол.Ун-та, 2001, 336 с.
3. Джилкрист Т. Химия гетероциклических соединений. М "Мир" 1996г, 464 с
4. Джоуль Дж., Миллс К. Химия гетероциклических соединений. под ред. М. А. Юровской. - М. : Мир, 2012. - 728 с.
5. Илиел Э., Вайлен С., Дойл М. Основы органической стереохимии: учебное издание, пер. с англ. З. А. Бредихиной; под ред. А. А. Бредихина. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. - 703 с.
6. Кан Р., Дермер О. // Введение в химическую номенклатуру. М. "Химия", 1983.
7. Пожарский А. Ф. Теоретические основы химии гетероциклов. - М.: Химия, 1985, 280 с.
8. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. Органическая химия. М.: Бином, лаборатория базовых знаний, 2004, ч.1-3.
9. Смит В.А., Дильман А.Д. Основы современного органического синтеза. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2020. - 750 с.

10. Травень В.Ф. Органическая химия. учеб. пособие для вузов: в 3-х т.- М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.
11. Юровская М.А. Химия ароматических гетероциклических соединений. - М. : Бином. Лаб. знаний, 2015. - 208 с.

7.2. Дополнительная литература

1. Вдовина С.В., Мамедов В.А. Новые возможности классической реакции Биджинелли // Успехи химии. - 2008. - Т. 77. - № 12. - С. 1091-1128.
2. Газизов А.С., Бурилов А.Р., Пудовик М.А., Синяшин О.Г. Реакции азотсодержащих ацеталей с ароматическими нуклеофилами // Успехи химии. - 2017. - Т. 86. - № 1. - С. 75-98.
3. Жукова Н.А., Мамедов В.А. Успехи в синтезе бензимидазол-2-онов // Успехи химии. - 2017. - Т. 86. - № 10. - С. 968-997.
4. Ли Дж.Дж. Именные реакции. Механизмы органических реакций. Москва. «БИНОМ». 2006.
5. Мамедов В.А., Калинин А.А. Успехи в синтезе имидазо[1,5- a]и имидазо[1,2- a]хиноксалинов // Успехи химии. - 2014. - Т. 83. - № 9. - С. 820-847.
6. Мамедов В.А., Муртазина А.М. Реакции рециклизации, протекающие с образованием бензимидазолов // Успехи химии. - 2011. - Т. 80. - № 5. - С. 419-442.
7. Мамедова В.Л., Хикматова Г.З., Коршин Д.Э., Мамедова С.В.К., Гаврилова Е.Л., Мамедов В.А.О. Эпоксиды: методы получения, реакционная способность, практическое значение // Успехи химии. - 2011. - Т. 80. - № 5. - С. 419-442.
8. Сайфина Д.Ф., Мамедов В.А. Новые и модифицированные классические методы синтеза хиноксалинов // Успехи химии. - 2010. - Т. 79. - № 5. - С. 395-415.
9. Смит М., Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение: в 4 т. М. : Лаборатория знаний, 2020.
10. Смолобочкин А.В., Газизов А.С., Бурилов А.Р., Пудовик М.А., Синяшин О.Г. Успехи в синтезе гетероциклов, содержащих эндоциклический мочевиный фрагмент // Успехи химии. - 2021. - Т. 90. - № 3. - С. 395-417.
11. Смолобочкин А.В., Газизов А.С., Бурилов А.Р., Пудовик М.А., Синяшин О.Г. Реакции азотсодержащих гетероциклических соединений, протекающие с раскрытием кольца // Успехи химии. - 2019. - Т. 88. - № 11. - С. 1104-1127.
12. Титце Л., Браше Г., Герике К. Домино-реакции в органическом синтезе. пер. с англ. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010. – 671 с.
13. Чарушин В.Н., Вербицкий Е.В., Чупахин О.Н., Воробьева Д.В., Грибанов П.С., Осипов С.Н., Иванов А.В., Мартыновская С.В., Сагитова Е.Ф., Дяченко В.Д., Дяченко И.В., Кривоколыско С.Г., Доценко В.В., Аксенов А.В., Аксенов Д.А., Аксенов Н.А., Ларин А.А., Ферштат Л.Л., Музалевский В.М., Ненайденко В.Г. и др. Успехи в химии гетероциклических соединений в 21 веке // Успехи химии. - 2024. - Т. 93. - № 7. – RCR5125.

7.3. Электронные ресурсы

- Электронная платформа для поиска статей CoLab - <https://colab.ws>
- Электронная платформа для поиска статей PubMed - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

- Платформа научной электронной библиотеки e-Library.ru - <http://www.elibrary.ru>
- База данных для поиска информации о химических соединениях и спектрах ЯМР OdanChem- <https://odanchem.org/main>
- Электронная платформа издательства Royal Society of Chemistry - <http://www.rsc.org>
- Organic Chemistry Portal - <https://www.organic-chemistry.org>

8. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудиторные занятия, самостоятельная работа по освоению дисциплины и подготовка к сдаче зачета и кандидатского экзамена проводятся в специальных помещениях (читальный зал научной библиотеки, лабораторные комнаты), оборудованных мебелью (столы, стулья), компьютерами с доступом к сети Интернет, демонстрационным оборудованием.