

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Белгородский Валерий Савельевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 07.10.2024 17:40:37
Уникальный программный ключ:
8df276ee93e17c18e7bee9e7cad2d0ed9ab82473

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)»

Институт Аспирантура
Кафедра Органической химии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Химия гетероциклических соединений

Уровень образования	аспирантура
Научная специальность	1.4.3 Органическая химия
Направленность	Органическая химия
Срок освоения образовательной программы по очной форме обучения	4 года
Форма обучения	очная

Рабочая программа учебной дисциплины «Химия гетероциклических соединений» основной профессиональной образовательной программы высшего образования, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры, протокол №7 от 15.02.2024 г.

Разработчик рабочей программы «Химия гетероциклических соединений»

канд. хим. наук, доцент

Д.Н. Кузнецов

Заведующий кафедрой:

канд. хим. наук, доцент Д.Н. Кузнецов

1. Цели освоения учебной дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины Химия гетероциклических соединений обучающийся должен:

- интерпретировать современные принципы классификации и номенклатуры гетероциклических соединений.
- перечислить основные современные методы синтеза гетероциклических соединений.
- разработать общие подходы к решению вопроса о планировании и выборе наиболее целесообразного пути синтеза гетероциклических соединений, показать основные современные подходы к синтезу гетероциклических соединений, увидеть в эксперименте проявление наиболее важных химических свойств гетероциклических соединений.

2. Место учебной дисциплины (модуля) в структуре программы аспирантуры

Дисциплина Химия гетероциклических соединений включена в часть 2.1 Дисциплины (модули) Образовательного компонента, семестр 2.

Дисциплина базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении дисциплин предыдущего уровня образования (специалитет или магистратура): органическая химия, химия биологически-активных соединений.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Таблица 1

Результаты обучения	Критерии результатов обучения	Технологии формирования
способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Знать: современные научные достижения в предметной области химии гетероциклических соединений; – основные достижения и тенденции развития химии гетероциклических соединений: новые подходы к выделению, синтезу и очистке гетероциклических соединений; методы установления структуры органических соединений; методы исследования реакционной способности гетероциклических соединений; методологию комплексных научных исследований в своей предметной области, включая исследования междисциплинарного характера. Уметь: проектировать комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения. Владеть: осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения.	лекции (Л), практические занятия (ПЗ) самостоятельная работа (СР)

<p>способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>Знать: современные экспериментальные и теоретические методы исследования в области химии гетероциклических соединений; способы, методы и технологии научных исследований.</p> <p>Уметь: сформулировать задачи научного исследования в области направленного синтеза соединений с полезными свойствами или новыми структурами и выбрать необходимые методы их решения.</p> <p>Владеть: способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в предметной области; информационно-коммуникационными технологиями при решении поставленных задач.</p>	<p>практические занятия (ПЗ) самостоятельная работа (СР)</p>
<p>готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук</p>	<p>Знать: предметную область и методы исследования в области собственных научных исследований.</p> <p>Уметь: организовать работу малого исследовательского коллектива в предметной области; предупреждать и конструктивно разрешать межличностные конфликты в профессиональной деятельности;</p> <p>Владеть: способностью организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук.</p>	<p>самостоятельная работа (СР)</p>
<p>готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования</p>	<p>Знать: современные образовательные технологии и технологии обучения органической химии; сущность, методологическую основу, структуру и основные принципы построения технологии, требования, предъявляемые к технологиям обучения;</p> <p>Уметь: анализировать методические модели, методики, технологии и приемы обучения, тенденции и направления развития образования в мире и анализировать результаты их использования в образовательных заведениях различных типов; разрабатывать учебно-методическое обеспечение для дисциплины органическая химия; проектировать учебные занятия по органической химии.</p> <p>Владеть: навыками формирования в педагогических коллективах позитивного психологического климата и этическими нормами в профессиональной деятельности; культурой мышления, способностью к восприятию, анализу, обобщению информации в области традиционных и нетрадиционных педагогических технологий.</p>	<p>самостоятельная работа (СР)</p>

<p>способность самостоятельно планировать многоступенчатый синтез сложных по структуре органических соединений с использованием эффективных прекурсоров и билдинг-блоков;</p>	<p>Знать: предметную область химии гетероциклических соединений в соответствии с паспортом научной специальности 02.00.03 Органическая химия; основные достижения и тенденции развития химии гетероциклических соединений: новые подходы к выделению, синтезу и очистке гетероциклических соединений; методы установления структуры органических соединений; методы исследования реакционной способности органических соединений; стереохимические закономерности химических реакций; способы моделирования структур и свойств биологически активных веществ. Уметь: способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений в области органических соединений; – сформулировать научную проблему в области химии гетероциклических соединений и предложить подходы к ее решению. Владеть: способностью развивать рациональные пути синтеза сложных молекул и новых молекулярных систем с высокоспецифическими взаимодействиями между молекулами.</p>	<p>лекции (Л), практические занятия (ПЗ) самостоятельная работа (СР)</p>
<p>умение грамотно выбирать и использовать практические приемы тонкого органического синтеза, химической технологии, экспериментального оборудования для достижения поставленной цели;</p>	<p>Знать: современные методы исследования в предметной области: синтетические методы в химии гетероциклических соединений; Уметь: выбрать необходимые методы исследования и обосновать их применимость для решения поставленной задачи в области химии гетероциклических соединений. Владеть: общими подходами к решению задач, воспроизводящие ситуации, встречающиеся в практике многостадийного синтеза конкретных гетероциклических соединений</p>	<p>лекции (Л), практические занятия (ПЗ) самостоятельная работа (СР)</p>
<p>умение комплексно использовать данные физико-химических исследований органических соединений и квантово-химических расчетов для выявления закономерностей типа «структура-свойства» и последующего моделирования структур с практически важными свойствами.</p>	<p>Знать: важнейшие физико-химические методы исследования гетероциклических соединений; возможности структурно-функционального подхода к проблемам количественной оценки реакционной способности гетероциклических соединений и в прогнозировании результатов реакций; основы эмпирических и теоретических методов количественной оценки реакционной способности; Уметь: применять на практике методы корреляционного анализа органических реакций и квантовой органической химии (метод молекулярных орбиталей, метод возмущений молекулярных орбиталей, принцип сохранения орбитальной симметрии); Владеть: общими подходами к количественному описанию и систематизации экспериментальных данных в области строения и реакционной способности гетероциклических соединений.</p>	<p>лекции (Л), практические занятия (ПЗ) самостоятельная работа (СР)</p>

4. Объем и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Таблица 2

Показатель объема дисциплины	Трудоемкость
Объем дисциплины в зачетных единицах	2
Объем дисциплины в часах	64
Лекции (ч)	8
Практические занятия (семинары) (ч)	18
Самостоятельная работа (ч)	38
Форма контроля (зач./экз.)	Зачет

4.2 Содержание разделов учебной дисциплины (модуля)

Таблица 3

Наименование раздела учебной дисциплины	Лекции		Наименование практических (семинарских) занятий		Оценочные средства
	№ и тема лекции	Трудоемкость, час	№ и тема практического занятия	Трудоемкость, час	
1	2	3	4	5	6
Основные понятия о гетероциклических соединениях. Синтез гетероциклических систем.	Лекция 1. Классификация гетероциклов: по размеру цикла, по гетероатомам, их числу и взаимному расположению в цикле. Гетероароматичность. Гетероатомы пиррольного и пиридинового типа; исключения, показывающие условность такого деления. Концепция π-избыточности и π-дефицитности гетаренов.	1	Номенклатура гетероциклов: тривиальные названия; система Ганча-Видмана и номенклатура IUPAC; заместительная номенклатура. Номенклатура аннелированных циклов.	2	Индивидуальное домашнее задание
	Лекция 2. 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.	1	Типичные комбинации реагентов и наиболее распространенные механизмы циклообразования гетероциклических соединений. Правила Болдуина для замыкания цикла.	2	Индивидуальное домашнее задание
Пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом.	Лекция 3. Фуран, пиррол, тиофен и их производные. Строение молекулы: геометрия и молекулярная диаграмма. Способы получения. Химические свойства: реакции с электрофильными, нуклеофильными и радикальными реагентами, реакции с карбенами, нитренами, окислителями и восстановителями, взаимодействие с диенофилами, ацидофобность. Алкилпирролы, N-металлированные и другие производные.	1	Строение, способы получения и химические свойства пятичленных гетероциклических соединений с одним гетероатомом (фуран, пиррол, тиофен их производные). Важнейшие производные фурана: фурфурол (получение и химические свойства), фурфуроловый спирт, пироксалиновая кислота, тетрагидрофуран.	2	Индивидуальное домашнее задание
	Лекция 4. Бензаннелированные производные пиррола, фурана и тиофена: строение молекул, получение, основные направления реакционной способности, сравнение химической активности с неаннелированной системой.	1	Строение, способы получения и химические свойства бензаннелированных производных пятичленных гетероциклических соединений с одним гетероатомом.	2	Индивидуальное домашнее задание

1	2	3	4	5	6
<p>Пятичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами.</p>	<p>Лекция 5. 1,2-Азолов (пиразол, изотиазол, изоксазол) и 1,3-Азолы (имидазол, тиазол, оксазол). Строение молекул: геометрия и молекулярные диаграммы. Основные способы получения гетероциклов. Химические свойства 1,2- и 1,3-Азолов. Электрофильная атака по пиридиновому атому азота: реакции с протонными кислотами, алкилирующими и ацилирующими реагентами. Электрофильная атака по углеродным атомам гетерокольца (влияние природы гетероатомов и заместителей на направление и эффективность протекания химических реакций): нитрование, сульфирование, галогенирование, азосочетание, ацилирование, нитрозирование. Нуклеофильная атака по углеродным атомам гетерокольца и пиррольному N-атому (в пиразоле и имидазоле): раскрытие гетероциклической системы, образование N-металлированных производных. Реакции с диенофилами, окислителями и восстановителями. Взаимодействия с участием боковых заместителей. Бензаннелированные производные 1,2-азолов (индоксазен, антранил, бензопиразол, бензизотиазол). Бензаннелированные производные 1,3-азолов (бензоксазол, бензотиазол, бензимидазол).</p>	<p>1</p>	<p>Строение, способы получения и химические свойства 1,2- и 1,3-Азолов. Сравнительная характеристика 1,2- и 1,3-азолов в реакциях с электрофильными и нуклеофильными реагентами.</p>	<p>2</p>	<p>Индивидуальное домашнее задание</p>
<p>Пятичленные гетероциклические соединения с тремя и более гетероатомами.</p>	<p>Лекция 6. 1,2,3- и 1,2,4-Триазолы. Прототропная изомерия. Строение молекул 1Н- и 2Н-изомеров: геометрия и молекулярные диаграммы. Способы получения 1,2,3- и 1,2,4-триазолов и их производных. Химические свойства: реакции с электрофильными и нуклеофильными реагентами, перегруппировки (перегруппировка Димрота), фотохимические превращения. Тетразолы. Типы таутомерных превращений: прототропная перегруппировка, кето-енольная таутомерия, имино-енаминная таутомерия, тион-тиольная таутомерия, азидо-азаметино-тетразольная таутомерия. Строение молекул 1Н- и 2Н-тетразолов: геометрия и молекулярные диаграммы. Способы получения 1Н- и 2Н-тетразолов и их производных. Химические свойства: реакции с электрофильными реагентами (по С- и N-атомам цикла и в боковой цепи), реакции с нуклеофильными реагентами (депротонирование, замещение легко уходящей группы при С-атоме, раскрытие цикла), термические и фотохимические перегруппировки.</p>	<p>1</p>	<p>Строение, способы получения и химические свойства 1,2,3- и 1,2,4-Триазолов. Способы получения и химические свойства 1Н- и 2Н-тетразолов и их производных.</p>	<p>2</p>	<p>Индивидуальное домашнее задание</p>

1	2	3	4	5	6
Шестичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом.	<p>Лекция 7. 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. Способы получения пиридина и его неаннелированных производных в промышленности и в лабораторной практике. Формальная π-эквивалентность и фактическое поведение пиридина в химических реакциях (π-дефицитность) с точки зрения гипотезы π-избыточности и π-дефицитности гетероциклических соединений. Химические свойства пиридина и его неаннелированных производных. Реакции с электрофильными реагентами: реакции по С-атомам кольца (нитрование, сульфирование, галогенирование, меркурирование, нитрозирование, азосочетание, взаимодействие с альдегидами) и N-атому (протонирование сильными минеральными кислотами, комплексообразование с ионами тяжелых металлов, взаимодействие с алкилгалогенидами, галогенангидридами, галогенами, участие в реакциях типа Михаэля, взаимодействие с кислотами Льюиса).</p>	1	Строение, способы получения и химические свойства пиридина и его неаннелированные производных.	2	Индивидуальное домашнее задание
	<p>Лекция 8. Реакции с нуклеофильными реагентами: реакции по С-атомам кольца (гидроксилирование, алкоксилирование, аминирование по Чичибабину, взаимодействие с металлоорганическими реагентами, активированными метильными и метиленовыми соединениями, ангидрооснованиями и солями синильной кислоты). Реакции со свободнорадикальными реагентами: реакции восстановления и окисления, фотохимические превращения. Способы получения N-Оксид пиридина. Химические свойства: нитрование, сульфирование, галогенирование, O-метилирование, взаимодействие с реактивами Гриньяра, восстановление. Реакции производных пиридина (пиколинов, других алкилпиридинов, гидроксид-, амино- и галогенпиридинов) в боковой цепи.</p>	1	Бензаннелированные производные пиридина (хинолин, изохинолин, акридин). Химические свойства. Реакции с электрофильными и нуклеофильными реагентами	2	Индивидуальное домашнее задание

1	2	3	4	5	6
Шестичленные гетероциклические соединения с двумя и более гетероатомами.	<p>Лекция 9. 1,2-Диазины (пиридазины). Строение молекулы пиридазина: геометрия и молекулярная диаграмма. Способы получения пиридазина и его производных. Химические свойства: реакции с нуклеофильными реагентами (растворами щелочей, растворами алкоголятов щелочных металлов, реактивами Гриньяра, бутиллитием), реакции с электрофильными реагентами (алкилирование, конденсации с участием метильного заместителя), свободнорадикальное фенилирование, реакции восстановления и окисления.</p> <p>1,3-Диазины (пиримидины). Строение молекулы пиримидина: геометрия и молекулярная диаграмма. Способы получения пиримидина и его производных. Химические свойства: реакции с нуклеофильными реагентами (амидом калия в жидком аммиаке, реактивами Гриньяра, фениллитием, гидразингидратом, замещение легко уходящей группы метанолом, реакции через гетариновый интермедиат), реакции с электрофильными реагентами (алкилирование N-атома, бромирование, конденсации с участием метильного заместителя), свободнорадикальное фенилирование и арилирование, окисление до N-оксида.</p> <p>1,4-Диазины (пиразины). Строение молекулы пиразина: геометрия и молекулярная диаграмма. Способы получения пиридазина и его производных. Химические свойства: реакции с нуклеофильными реагентами (амид натрия, азид натрия, замещение легко уходящих групп под действием аммиака), реакции с электрофильными реагентами (хлором, алкилирование N-атома), реакции в боковой цепи (свободнорадикальное хлорирование, диазотирование и хлорирование аминогруппы, алкилирование и ацилирование метильного заместителя и др.), восстановление и окисление до N-оксида.</p>	1	Строение, способы получения и химические свойства пиридазинов, пиримидинов, пиразинов, симм-триазинов	2	Индивидуальное домашнее задание
	<p>1,3,5-Триазин (симм-триазин). Строение молекулы 1,3,5-триазина: геометрия и молекулярная диаграмма. Способы получения 1,3,5-триазина и его производных. Краткая характеристика физических и химических свойств.</p> <p>1,2,4,5-Тетразины (симм-тетразины). Строение молекулы 1,2,4,5-тетразина: геометрия и молекулярная диаграмма. Способы получения 1,2,4,5-тетразина и его производных. Краткая характеристика физических и химических свойств.</p>			1	
ВСЕГО часов в семестре		8		18	Зачет

5. Самостоятельная работа обучающихся

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Содержание самостоятельной работы	Трудоемкость в часах
1	Основные понятия о гетероциклических соединениях. Синтез гетероциклических систем.	Работа с литературой. Индивидуальное домашнее задание	3
2	Пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом.	Работа с литературой. Индивидуальное домашнее задание	3
3	Пятичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами.	Работа с литературой. Индивидуальное домашнее задание	7
4	Пятичленные гетероциклические соединения с тремя и более гетероатомами.	Работа с литературой. Индивидуальное домашнее задание	7
5	Шестичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом.	Работа с литературой. Индивидуальное домашнее задание	8
6	Шестичленные гетероциклические соединения с двумя и более гетероатомами.	Работа с литературой. Индивидуальное домашнее задание	8
ВСЕГО часов в семестре:			38

6. Образовательные технологии

При освоении дисциплины Химия гетероциклических соединений используются следующие образовательные технологии:

- лекции
- практические занятия
- самостоятельная работа
- защита индивидуального домашнего задания

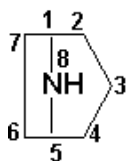
7. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

7.1 Примерная тематика курсовых проектов (работ) – не предусмотрены.

7.2 Примеры используемых оценочных средств для текущего контроля

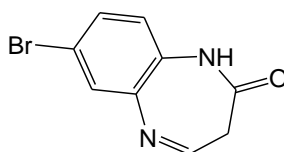
Индивидуальное домашнее задание по теме «Основные понятия о гетероциклических соединениях. Синтез гетероциклических систем»

1. Назовите нижеприведенные структурные формулы соединений согласно систематической номенклатуре Ганча-Видмана. Изобразите структурные формулы нижеприведенных соединений.



а) 1H-4,5-дигидро-1,2-дiazол

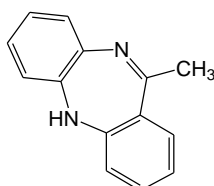
б) азино[2,3-*b*]азин



в) 2-амино-5-фенил-1,3-оксазол-4-он



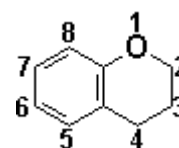
2. Назовите нижеприведенные структурные формулы соединений согласно систематической номенклатуре Ганча-Видмана. Изобразите структурные формулы нижеприведенных соединений.



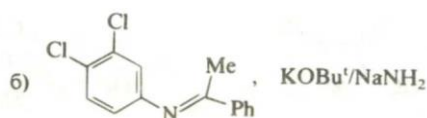
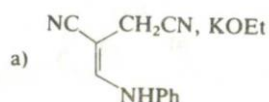
а) 2,3-дигидро-1H-бенз[*b*]азол

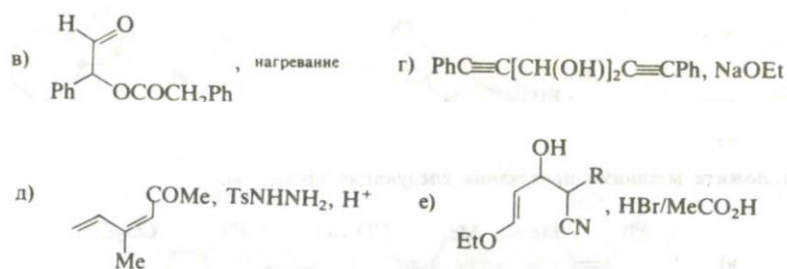
б) 10H-добензо[*b,e*]тиазин

в) 7-Хлор-1,3-дигидро-1-метил-5-фенил-2H-1,4-бензодиазепин-2-он

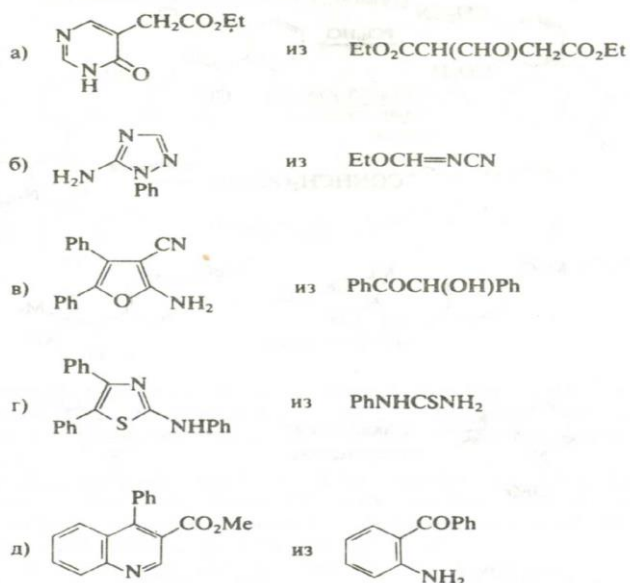


3. Предскажите структуру соединения, образующегося в результате внутримолекулярной циклизации приведенных ниже соединений, и определите природу стадии замыкания цикла.

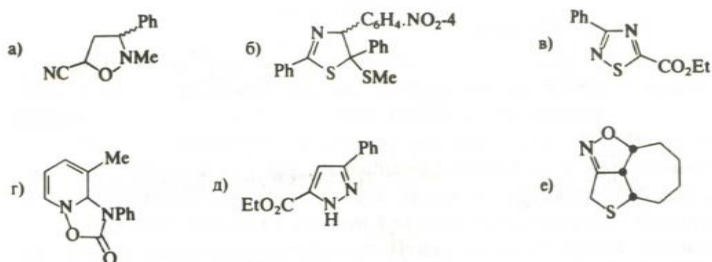




4. Предложите схему синтеза гетероциклических соединений из указанных исходных соединений, используя также другие подходящие реагенты:



5. Нарисуйте структуры 1,3-диполярных соединений и дипольофилов, необходимых для синтеза следующих соединений:



Индивидуальное домашнее задание по теме «Пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом»

1. Строение молекул фурана, пиррола, тиофена и их производных.
2. Способы получения пятичленных гетероциклических соединений с одним гетероатомом.
3. Химические свойства фурана: реакции с электрофильными, нуклеофильными и радикаль-ными реагентами, реакции с карбенами, нитренами, окислителями и восстановителями, взаимодействие с диенофилами, ацидофобность.
4. Химические свойства пиррола: реакции с электрофильными, нуклеофильными и радикаль-ными реагентами, реакции с карбенами, окислителями и

восстановителями, взаимодействие с диенофилами, ацидофобность. Алкилпирролы, N-металлированные и другие производные.

5. Бензаннелированные производные пиррола (индол): строение молекул, основные направления реакционной способности, сравнение химической активности с неаннелированной системой.

Индивидуальное домашнее задание по теме «Пятичленные гетероциклические соединения с двумя гетероатомами»

1. Строение молекул 1,2-Азолов (пиразол, изотиазол, изоксазол): геометрия и молекулярные диаграммы.
2. Строение молекул 1,3-Азолы (имидазол, тиазол, оксазол): геометрия и молекулярные диаграммы.
3. Основные способы получения 1,2-Азолов.
4. Основные способы получения 1,3-Азолов.
5. Электрофильная атака по пиридиновому атому азота в 1,2-азолах: реакции с протонными кислотами, алкилирующими и ацилирующими реагентами. Электрофильная атака по углеродным атомам гетерокольца (влияние природы гетероатомов и заместителей на направление и эффективность протекания химических реакций): нитрование, сульфирование, галогенирование.

Индивидуальное домашнее задание по теме «Пятичленные гетероциклические соединения с тремя и более гетероатомами»

1. Прототропная изомерия в ряду 1,2,3-Триазолов
2. Способы получения 1,2,3-триазолов и их производных.
3. Химические свойства 1,2,3-триазолов: реакции с электрофильными и нуклеофильными реагентами, перегруппировки (перегруппировка Димрота), фотохимические превращения.
4. Химические свойства 1,2,4-триазолов: реакции с электрофильными и нуклеофильными реагентами, перегруппировки.
5. Типы таутомерных превращений в ряду тетразолов: прототропная перегруппировка, кето-енольная таутомерия, имино-енаминная таутомерия, тионтиольная таутомерия, азидо-азаметино-тетразольная таутомерия.

Индивидуальное домашнее задание по теме «Шестичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом»

1. Пиридиновый атом азота и его роль в ароматической системе молекулы. Сравнение с бензолом, нитробензолом и пирролом.
2. Способы получения пиридина и его неаннелированных производных в промышленности и в лабораторной практике.
3. Формальная π -эквивалентность и фактическое поведение пиридина в химических реакциях (π -дефицитность) с точки зрения гипотезы π -избыточности и π -дефицитности гетероциклических соединений.
4. Реакции пиридина с электрофильными реагентами: реакции по C-атомам кольца (нитрование, сульфирование, галогенирование, меркурирование, нитрозирование, азосочетание, взаимодействие с альдегидами) и N-атому (протонирование)

сильными минеральными кислотами, комплексообразование с ионами тяжелых металлов, взаимодействие с алкилгалогенидами, галогенангидридами, галогенами, участие в реакциях типа Михаэля, взаимодействие с кислотами Льюиса).

5. Реакции пиридина с нуклеофильными реагентами: реакции по С-атомам кольца (гидроксилирование, алкоксилирование, аминирование по Чичибабину, взаимодействие с металлоорганическими реагентами, активированными метильными и метиленовыми соединениями, ангидрооснованиями и солями синильной кислоты).

Индивидуальное домашнее задание по теме «Шестиленные гетероциклические соединения с двумя и более гетероатомами»

1. Способы получения пиридазина и его производных.
2. Химические свойства пиридазина: реакции с нуклеофильными реагентами (растворами щелочей, растворами алкоголятов щелочных металлов, реактивами Гриньяра, бутиллитием), реакции с электрофильными реагентами (алкилирование, конденсации с участием метильного заместителя), свободнорадикальное фенилирование, реакции восстановления и окисления.
3. Способы получения и химические свойства бензаннелированные производные 1,2-диазинов (циннолин, фталазин).
4. Способы получения пиримидина и его производных.
5. Химические свойства пиримидина: реакции с нуклеофильными реагентами (амидом калия в жидком аммиаке, реактивами Гриньяра, фениллитием, гидразингидратом, замещение легко уходящей группы метанолом, реакции через гетариновый интермедиат), реакции с электрофильными реагентами (алкилирование N-атома, бромирование, конденсации с участием метильного заместителя), свободнорадикальное фенилирование и арилирование, окисление до N-оксида.

Полный комплект оценочных средств приведен в приложении к рабочей программе.

7.3 Примеры используемых оценочных средств для промежуточной аттестации

Билет №1

1. Некоторые критерии ароматичности в гетероциклах: длины связей, эффекты кольцевых токов и химические сдвиги в спектрах ЯМР ^1H .
2. Нуклеофильное замещение в пиридинах; а) реакция Чичибабина. б) vicarious nucleophilic substitution.

Билет № 2

1. Гибридное и валентное состояние атомов азота в аммиаке, пирроле, пиридине, фуране и пирилий катионе. Об условности разделения гетероатомов на три типа. Внутренняя классификация π -избыточных, π -дефицитных и π -амфотерных гетероциклов.
2. Синтез пиридинового кольца из 1,5-дикарбонильных соединений; а) Michael Addition, б) Robinson Annulation, в) The Mukaiyama reaction.

Билет № 3

1. О чем свидетельствует сравнительная небольшая разница в дипольных моментах пиридина и его N-окиси (2.03 D), триметиламина и его N-окиси (4.37 D)?

2. Пиридазин, пиримидин и пиразин. Галогендиазины, сравнение с галогенпиридином, их реакции с нуклеофилами. Механизмы AE и ANRORC (Addition of Nucleophile, Ring Opening, and Ring Closure - присоединение нуклеофила, раскрытие и замыкание цикла).

Полный комплект оценочных средств приведен в приложении к рабочей программе.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины (модуля)

8.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Таблица 5

№ п/п	Автор(ы)	Наименование издания	Вид издания (учебник, учебное пособие,)	Издательство	Год издания	Кол-во экз.	Электронный ресурс
Основная литература							
1	Юровская М.А.	Химия ароматических гетероциклических соединений	Учебник	Лаборатория знаний	2020	-	https://znaniu.m.com/catalog/product/1093261
2	Джилкрист Т.	Химия гетероциклических соединений	Учебник	Мир	1996	2	-
3	В. М. Берестовицкая, Э. С. Липина	Химия гетероциклических соединений	Учебник	Лань	2022	-	https://e.lanbook.com/book/206795
4	Миронович Л. М.	Гетероциклические соединения с тремя и более гетероатомами	Учебное пособие для вузов	Лань	2022	-	https://e.lanbook.com/book/197559
5	Джоуль Дж., Миллс К.	Химия гетероциклических соединений	Учебник	Мир	2004	2	-
6	Пожарский А. Ф.	Теоретические основы химии гетероциклов	Учебник	Химия	1985	1	-
7	Рамш С.М.	Руководство по составлению названий гетероциклических соединений (с примерами и задачами)	Учебное пособие	Химиздат	2009	2	-
Дополнительная литература							
1	Э. Илиел, С. Вайлен, М. Дойл	Основы органической стереохимии	Учебник	М.: БИНОМ. Лаборатория знаний,	2014	-	http://znaniu.m.com/catalog/product/544325

2	Курц А.Л., Ливанцов М.В., Чепраков А.В., Ливанцова Л.И., Зайцева Г.С., Кабачник М.М.	Задачи по органической химии с решениями	Учебное пособие	М.: БИНОМ. Лаборатор ия знаний,	2014	-	http://znaniu.m.com/catalog/product/365577
3	Пакетт Л.	Основы современной химии гетероциклических соединений	Учебник	Мир	1971	2	-
4	Джоуль Дж.	Основы химии гетероциклических соединений	Учебник	Мир	1975	2	-

8.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, электронных образовательных ресурсов локальных сетей РГУ им. А.Н. Косыгина, необходимых для освоения дисциплины

1. Библиотека РГУ им. А.Н. Косыгина <http://biblio.mgudt.ru/jirbis2/>.
2. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «ИНФРА-М» «Znanium.com» <http://znanium.com/>.
3. Реферативная база данных «Web of Science» <http://webofknowledge.com/>.
4. Реферативная база данных «Scopus» <http://www.scopus.com/>.
5. Патентная база данных компании «QUESTEL – ORBIT» <https://www37.orbit.com/#PatentEasySearchPage>.
6. Электронные ресурсы издательства «SPRINGER NATURE» <http://www.springernature.com/gp/librarians>.
7. ООО «ИВИС» <http://dlib.eastview.com/>.
8. Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» <http://www.elibrary.ru/>.
9. Национальная электронная библиотека («НЭБ») <http://нэб.рф/>.
10. База данных Organic Syntheses: <http://www.orgsyn.org>
11. База данных ChemSynthesis: <http://www.chemsynthesis.com>
12. US Patent and Trademark Office (USPTO) <http://patft.uspto.gov>
13. European Patent office <https://worldwide.espacenet.com>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины при обучении с использованием традиционных технологий обучения.

Наименование учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортзалов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.	Оснащенность учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортивных залов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.
117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1	
Аудитория №757 – учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации аудитории: проектор, экран для проектора, меловая доска.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся
119071, г. Москва, ул. Малая Калужская, д.1, стр.3	
читальный зал библиотеки	– компьютерная техника; подключение к сети «Интернет»
Аудитория №1154 - читальный зал библиотеки: помещение для самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, подготовки курсовых и выпускных квалификационных работ	– Шкафы и стеллажи для книг и выставок, комплект учебной мебели, 1 рабочее место сотрудника и 3 рабочих места для студентов, оснащенные персональными компьютерами с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронным библиотекам и в электронную информационно-образовательную среду организации.
Аудитория №1155 - читальный зал библиотеки: помещение для самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, подготовки курсовых и выпускных квалификационных работ.	– Каталоги, комплект учебной мебели, трибуна, 2 рабочих места для студентов, оснащенные персональными компьютерами с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронным библиотекам и в электронную информационно-образовательную среду организации.
Аудитория №1156 - читальный зал библиотеки: помещение для самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, подготовки курсовых и выпускных квалификационных работ.	– Стеллажи для книг, комплект учебной мебели, 1 рабочее место сотрудника и 8 рабочих места для студентов, оснащенные персональными компьютерами с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронным библиотекам и в электронную информационно-образовательную среду организации.

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины при обучении с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Необходимое оборудование	Параметры	Технические требования
Персональный компьютер/ ноутбук/планшет, камера, микрофон, динамики, доступ в сеть Интернет	Веб-браузер	Версия программного обеспечения не ниже: Chrome 72, Opera 59, Firefox 66, Edge 79, Яндекс. Браузер 19.3
	Операционная система	Версия программного обеспечения не ниже: Windows 7, macOS 10.12 «Sierra», Linux
	Веб-камера	640x480, 15 кадров/с
	Микрофон	любой
	Динамики (колонки или наушники)	любые
	Сеть (интернет)	Постоянная скорость не менее 192 кБит/с

Технологическое обеспечение реализации программы осуществляется с использованием элементов электронной информационно-образовательной среды университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Microsoft® Windows® XP Professional Russian Upgrade/Software Assurance Pack Academic OPEN No Level, артикул E85-00638; лицензия №18582213 от 30.12.2004 (бессрочная корпоративная академическая лицензия);

Microsoft® Office Professional Win 32 Russian License/Software Assurance Pack Academic OPEN No Level, артикул 269-05620; лицензия №18582213 от 30.12.2004 (бессрочная корпоративная академическая лицензия).

Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic Open No Level, артикул FQC-02306, лицензия № 46255382 от 11.12.2009 (копия лицензии; бессрочная академическая лицензия; центр поддержки корпоративных лицензий Microsoft).

Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic Open No Level, лицензия 47122150 от 30.06.2010 (бессрочная академическая лицензия; центр поддержки корпоративных лицензий Microsoft).

Система автоматизации библиотек ИРБИС64, договора на оказание услуг по поставке программного обеспечения №1/28-10-13 от 22.11.2013, №1/21-03-14 от 31.03.2014 (копии договоров).

Google Chrome (свободно распространяемое).

Adobe Reader (свободно распространяемое).

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition, 250-499 Node 1 year Educational Renewal License; договор №218/17 - КС от 21.11.2018.