Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 02.06.2025 13:30:01
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В.Пекаревский
«24» июня 2024 г.

Рабочая программа дисциплины

ХИМИЯ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Направление подготовки

04.03.01 Химия

Направленность программы бакалавриата

Химия полимеров

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет химической и биотехнологии

Кафедра химической технологии полимеров

Санкт-Петербург

2024

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы ……..……..…04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы…..……...……..06
3. Объем дисциплины ……..……...06
4. Содержание дисциплины
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий…….…06
4.2. Занятия лекционного типа……...07
4.3. Занятия семинарского типа…….……08
4.3.1. Семинары, практические занятия ……..…..08
4.3.2. Лабораторные занятия……..…..08
4.4. Самостоятельная работа……..…….....…...08
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине ……....…….…..09
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.…….…...09
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины ….……...09
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины……09
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины……..…….……09
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине
10.1. Информационные технологии……..……10
10.2. Программное обеспечение..……..10
10.3. Базы данных и информационные справочные системы……..10
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы ……10
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья ……..……..10

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
ПК-1 Способность осуществлять направленный синтез по предлагаемым методикам в полимерной химии	**ПК-1.1** Знание методов получения и свойств гетероциклических соединений и фототропных материалов и их применение в получении мономеров и полимеров	**Знать** Особенности строения и реакционной способности азот, кислород и серосодержащих гетероциклических соединений; методы их получения и реакции **Уметь** выбирать оптимальные пути синтеза и функционализации гетероциклических мономеров **Владеть** методами получения и методами идентификации гетероциклических соединений, гетероциклических мономеров и полимеров

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору (Б1.В.ДВ.01.01) и изучается на 3 курсе в 6 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Неорганическая химия» и «Органическая химия». Полученные в процессе изучения дисциплины «Химия гетероциклических соединений» знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	**4 / 144**
Контактная работа с преподавателем:	**108**
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	90
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)*	18 (6)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	72 (6)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	-
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	**36**
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	Кр
Форма промежуточной аттестации (КР, КП , зачет, экзамен)	**Зачет**

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Общие сведения о гетероциклических соединениях, номенклатура, свойства.	4	8	0	26	ПК-1	ПК-1.1
2.	Гетероциклические соединения по классам	14	10	72	10	ПК-1	ПК-1.1

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Общие сведения о гетероциклических соединениях, их свойства	2	лекция – пресс-конференция
1	Номенклатура гетероциклических соединений	2	лекция – пресс-конференция
2	Пятичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом, общие сведения методы получения.	2	лекция – пресс-конференция
2	Реакционная способность и способы функционализации пиррола, фурана и тиофена. Способы получения и реакции индола	4	лекция – пресс-конференция
2	Пятичленные гетероциклические соединения с несколькими гетероатомами. Свойства и методы синтеза.	2	лекция – пресс-конференция
2	Реакционная способность пятичленных гетероциклических соединений с несколькими гетероатомами.	2	лекция – пресс-конференция
2	Шестичленные гетероциклические соединения с одним гетероатомом. Пиридин, способы синтеза и реакции.	2	лекция – пресс-конференция
2	Шестичленные гетероциклические соединения с несколькими гетероатомами.	2	лекция – пресс-конференция

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
1	Номенклатура гетероциклических соединений	2	1	КрСт, Ф, МШ
1	Гетероатом как заместитель. Кислотность и основность гетероциклических соединений.	2	1	КрСт, Ф, МШ
1	Электронное строение и реакции пятичленных гетероциклических соединений с одним гетероатомом,	4	1	КрСт, Ф, МШ
2	Электронное строение и реакции пиридина.	10	3	КрСт, Ф, МШ

4.3.2. Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
2	Синтез пятичленных гетероциклических соединений с одним гетероатомом	18	2	
2	Синтез пятичленных гетероциклических соединений с несколькими гетероатомами	18	2	
2	Реакции пятичленных гетероциклических соединений	18	1	
2	Синтез и реакции производных пиридина	18	1	

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Номенклатура конденсированных гетероциклических соединений	9	Устный опрос
1	Ароматичность гетероциклических соединений	9	Устный опрос
2	Именные реакции синтеза пятичленных гетероциклических соединений	9	Устный опрос
2	Свойства замещённых пиридинов	9	Устный опрос

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: https://media.technolog.edu.ru

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

Пример варианта вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Критерии определения ароматичности: структурные, магнитные, энергетические, химические. Квантово-химический подход к описанию строения и свойств гетероароматических соединений. Строение 5- и 6-членных гетероароматических систем с одним, двумя и более гетероатомами. Влияние бензоаннелирования на распределение электронной плотности в гетероароматических соединениях.
2. Объясните, почему реакции электрофильного замещения в пирроле идут преимущественно по альфа-положению, а в индоле – преимущественно по бета-положению?

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «зачёт».

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.

а) печатные издания:

1. Быкова, Л.М. Строение и реакционная способность ароматических и гетероароматических соединений. Ч. 1. Строение и реакционная способность гетероароматических соединений : Учебное пособие / Л.М. Быкова, С.М. Рамш, Е.С. Храброва ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2015. – 50 с.

2. Рамш, С.М. Строение и реакционная способность гетероароматических соединений в вопросах и ответах : Учебное пособие / С.М. Рамш, А.В. Зиминов, Е.С. Храброва ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2020. – 73 с.

3. Рамш, С.М. Руководство по составлению названий гетероциклических соединений с примерами и задачами : Учебное пособие / С.М. Рамш. – Санкт-Петербург : Химиздат, 2009. – 407 с. – ISBN 978-5-93808-173-4.

б) электронные учебные издания:

1. Быкова, Л.М. Строение и реакционная способность ароматических и гетероароматических соединений. Ч. 1. Строение и реакционная способность гетероароматических соединений : Учебное пособие / Л.М. Быкова, С.М. Рамш, Е.С. Храброва ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений. – Электронные текстовые данные. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2015. – 50 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: https://technolog.bibliotech.ru (дата обращения: 23.03.2021). – Режим доступа : для зарегистрированных пользователей.

2. Рамш, С.М. Строение и реакционная способность гетероароматических соединений в вопросах и ответах : Учебное пособие / С.М. Рамш, А.В. Зиминов, Е.С. Храброва ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений. – Электронные текстовые данные. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2020. – 73 с. – // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: https://technolog.bibliotech.ru (дата обращения: 23.03.2021). – Режим доступа : для зарегистрированных пользователей.

3. Юровская, М.А. Химия ароматических гетероциклических соединений / М.А. Юровская. – 2-е изд., электронное. – Электронные текстовые данные. – Москва : Лаборатория знаний, 2020. – 211 с. – (Учебник для высшей школы). – ISBN 978-5-00101-832-2 // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: https://e.lanbook.com (дата обращения: 23.03.2021). – Режим доступа: по подписке.

4. Берестовицкая, В.М. Химия гетероциклических соединений / В.М. Берестовицкая, Э.С. Липина. – 2-е изд., перераб. – Электронные текстовые данные. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2023. – 256 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-3631-6 // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: https://e.lanbook.com (дата обращения: 23.05.2024). – Режим доступа: по подписке.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:
http://media.technolog.edu.ru

Электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» https://technolog.bibliotech.ru/;
«Лань » https://e.lanbook.com/books/.

Сайт фундаментальной библиотеки СПбГТИ(ТУ):
http://bibl.lti-gti.ru

Специализированные системы и сайты для поиска научной информации по химии и химической технологии тонкого органического синтеза:

http://www.sciencedirect.com
http://www.scopus.com/home.url
https://www.reaxys.com/reaxys/secured/start.do
http://www.webofknowledge.com/
http://elibrary.ru/defaultx.asp
http://www.springerlink.com/
http://www.rsc.org/
https://www.taylorfrancis.com/
https://www.ccdc.cam.ac.uk/
http://www.chem.msu.ru/rus/library/welcome.html
http://onlinelibrary.wiley.com/?CRETRY=1&SRETRY=0
http://rushim.ru/books/books.htm
http://www.chemport.ru/index.php?cid=29
https://www.libnauka.ru/
https://yandex.ru/patents
https://scholar.google.ru/
http://www.physchembio.ru/
https://www.pesticidy.ru/
http://www.cnshb.ru/AKDiL/0034/default.shtm
https://www.rlsnet.ru/mnn_alf.htm
https://go.drugbank.com/structures/search/small_molecule_drugs/structure
http://www.chimfak.sfedu.ru/images/files/Organic_Chemistry/index.htm
http://www.chem.msu.su/rus/teaching/aromat/welcome.html#1
https://studfile.net/preview/2066190/
https://www.worldscientific.com/worldscinet/jpp
https://www2.chemistry.msu.edu/faculty/reusch/VirtTxtJml/intro1.htm

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Химия гетероциклических соединений» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше

всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;

постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение.

Microsoft Office

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники (ноутбук, проектор, проекционный экран), на 30 посадочных мест, и лабораторный зал на 30 мест.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

Приложение № 1
к рабочей программе дисциплины

Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Химия гетероциклических соединений»

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-1	Способность осуществлять направленный синтез по предлагаемым методикам в полимерной химии	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-1.1 Знание методов получения и свойств гетероциклических соединений и фототропных материалов и их применение в получении мономеров и полимеров	знает молекулярное строение и физико-химические свойства основных классов гетероароматических соединений	Правильные ответы на вопросы №1-6	Допускает ошибки в описании строения и физико-химических свойств гетероароматических соединений	Допускает незначительные ошибки в описании строения и физико-химических свойств гетероароматических соединений	Описывает строение и физико-химических свойства гетероароматических соединений без ошибок
	Предлагает способы получения «промежуточных» и «конечных» продуктов тонкого органического синтеза – функционализированных производных гетероароматических соединений	Правильные ответы на вопросы №23-34	При описании способов получения «промежуточных» и «конечных» продуктов тонкого органического синтеза – функционализированных производных гетероароматических соединений допускает серьезные ошибки	При описании способов получения «промежуточных» и «конечных» продуктов тонкого органического синтеза – функционализированных производных гетероароматических соединений допускает незначительные ошибки	Предлагает правильные способы получения промежуточных и конечных продуктов в синтезе гетероциклических соединений
	Владеет навыками сопоставления строения и реакционной способности «исходных» соединений, «промежуточных» и «конечных» продуктов	Правильные ответы на вопросы № 7-22	Называет правильные закономерности реакционной способности гетероциклических	Приводит закономерности реакционной способности гетероциклических	Правильно связывает реакционную способности гетероциклических соединений с их

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	тонкого органического синтеза – соединений гетероароматического ряда		соединений от их структуры с наводящими подсказками преподавателя	соединений от их структуры без подсказок приводит с небольшими ошибками	структурой

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1:

1. Значение и области применения гетероароматических соединений.

2. Тривиальные названия гетероциклических соединений. Система Ганча-Видмана для гетеромоноциклов. Номенклатурные правила IUPAC. Номенклатура конденсированные гетероароматических соединений.

3. Критерии определения ароматичности: структурные, магнитные, энергетические, химические. Квантово-химический подход к описанию строения и свойств гетероароматических соединений. Строение 5- и 6-членных гетероароматических систем с одним, двумя и более гетероатомами. Влияние бензоаннелирования на распределение электронной плотности в гетероароматических соединениях.

4. Основные принципы классификации гетероароматических соединений на π-избыточные, π-дефицитные и π-амфотерные. Критерии оценки π-избыточности и π-дефицитности. Понятие об общей и локальной π-избыточности и π-дефицитности.

5. Критерии оценки электронодонорных и электроноакцепторных свойств гетероциклов. Молекулярные комплексы гетероароматических соединений с π-донорами и π-акцепторами, автокомплексы. Катион-радикалы, нейтральные π-радикалы гетероароматических соединений.

6. Гетероатом как специфических заместитель. Сравнение электроноакцепторных свойств пиридинового атома азота и нитрогруппы. Индукционные и мезомерные эффекты гетероатомов пиррольного типа. Оценка влияния гетероатомов в конденсированных системах. Передача эффектов заместителей в гетероароматических системах. Проводимость электронных эффектов через гетероатомы пиридинового и пиррольного типа. Сравнение проводимости электронных эффектов через азиновые и бензольные кольца. Гетарильные группы как заместители, σ-константы гетарильных групп.

7. Основность гетероциклов с атомами азота пиридинового типа и факторы, влияющие на нее.

8. Кватернизация азоароматических систем. Алкилирующие агенты, механизм реакции, влияние растворителя, электронные эффекты заместителей, стерические факторы. Относительная реакционная оспособность азинов и азолов. Алкилирование амино-, гидрокси-, меркапто- и алкилпроизводных азинов и азолов. Кинетический и термодинамический контроль реакций.

9. N-Арилирование, N-ацилирование азоароматических систем. Окисление азоароматических систем до N -оксидов. Взаимодействие с катионами нитрония и нитрозония. N-Аминирование и цианирование. Образование комплексных соединений с металлами.

10. Основность, NH-кислотность гетероциклов с атомом азота пиррольного типа. Влияние бензоаннелирования на кислотно-основные свойства гетероцикла. Зависимость NH-кислотности от числа гетероатомов в азолах.

11. Прототропная таутомерия азолов. N-Алкилирование азолов в нейтральной и щелочной среде, механизмы реакций. Амбидентность анионов NH-гетероциклов. Факторы, определяющие соотношение продуктов алкилирования.

12. N-Арилирование и N-ацилирование азолов. Факторы, способствующие N-ацилированию. Взаимодействие NH-гетероциклов с непредельными соединениями.

13. Деметилирование четвертичных солей гетероциклов. Механизм перегруппировки Ладенбурга. Использование N-замещенных гетероциклов в качестве высокоселективных реагентов в реакциях нитрования, сульфирования, галогенирования, ацилирования, бензоилирования и др. Роль этих реакций в биохимических процессах.

14. Реакционная способность гетероциклов по отношению к электрофилам, ее зависимость от типа реагирующей частицы. Механизмы реакций электрофильного

замещения: «классический», катион-радикальный, карбанионный (илидный), замещение через продукт присоединения.

15. Реакции электрофильного замещения в π-электронодефицитных циклах. Сравнительная активность α- и β-положений в 5-членных гетероароматических системах с одним гетероатомом. Влияние термодинамических и стерических факторов.

16. Реакции электрофильного замещения в азолах. Зависимость реакционной способности азолов от природы гетероатома, числа гетероатомов и их взаимного положения в цикле.

17. Влияние бензоаннелирования на электрофильное замещение в π-избыточных и π-дефицитных гетероциклических системах.

18. Факторы, определяющие реакционную способность гетероциклов по отношению к нуклеофилам: тип реагирующей частицы, бензоаннелирование, ароматичность, термодинамические, электростатические, орбитальные, энергетические факторы.

19. Особенности реакций нуклеофильного замещения в гетероароматических соединениях. Механизмы реакций: «классический», кине- и теле-замещение, ариновый, радикально-нуклеофильный, ANRORC.

20. Влияние замещаемой группы на условия реакций нуклеофильного замещения в гетероароматических соединениях. Замещение гидрид-иона, галогена, сульфо-, нитро- и углеводородных групп. Реакция Чичибабина.

21. Взаимодействие гетероциклов с металлорганическими соединениями. Димеризация гетероциклов под действием нуклеофилов.

22. Реакционная способность гетероароматических катионов. Взаимодействие со щелочами, образование илидов, ангидрооснований, псевдооснований; диспропорционирование и окисление псевдооснований. Взаимодействие с аминами, гидразинами, цианидами, гидрокси-соединениями, π-электрононасыщенными циклическими системами. Гетарилирование. Рециклизация гетероароматических катионов под действием нуклеофилов: с сохранением гетерокольца, с заменой одного гетероатома на другой, с заменой гетероатома на атом углерода, с расширением или сужением цикла. Реакции гетероароматических катионов с отщеплением N-заместителей.

23. Методы получения 5-членных ароматических гетероциклов с одним гетероатомом.

24. Методы получения 5-членных ароматических гетероциклов с двумя гетероатомами.

25. Методы получения 5-членных ароматических гетероциклов с тремя и более гетероатомами.

26. Методы получения 6-членных ароматических гетероциклов с одним гетероатомом.

27. Методы получения 6-членных ароматических гетероциклов с двумя гетероатомами.

28. Методы получения 6-членных ароматических гетероциклов с тремя и более гетероатомами.

29. Методы получения бензоаннелированных 5-членных ароматических гетероциклов.

30. Методы получения бензоаннелированных 6-членных ароматических гетероциклов.

31. Методы получения бензоаннелированных 7-членных и большего размера ароматических гетероциклов.

32. Методы получения аннелированных гетероароматических систем с двумя гетероядрами.

33. Методы получения аннелированных гетероароматических систем с тремя гетероядрами.

34. Методы получения аннелированных гетероароматических систем с более чем тремя гетероядрами.

б)Перечень типовых задач

1. Объясните, почему пиразин уступает по локальной π-дефицитности не только 1,3,5-триазину, но даже пиридину.

2. Какой из галогенов в 3,4-дихлорпиридине легче замещается на нуклеофил? Представьте схемы превращений. Объясните.

3. Расположите в порядке уменьшения основности следующие соединений:

a) пиридин,
b) пиразин (1,4-диазин),
c) хинолин,
d) 1,5-нафтиридин.

Объясните. Представьте схемы протонирования для каждого соединения. Найдите справочные значения констант ионизации.

4. Как влияют на основность азагруппы в пиридиновом цикле конденсированные с ним циклы:

a) бензол,
b) пиррол,
c) пиридин?

Объясните. Представьте схемы протонирования для каждого соединения. Найдите справочные значения констант ионизации.

5. В каком соединении NH-группа более кислая – в карбазоле или в анилине? Какое соединение обладает более сильными кислотными свойствами –флуорен или толуол? Объясните.
Представьте схемы кислотной диссоциации для каждого соединения. Найдите справочные (оценочные) значения констант диссоциации.

6. Как должна измениться скорость взаимодействия 4-хлорпиридина с фенолом в щелочной среде по сравнению с «нейтральной» (без добавления щелочи)? Представьте схемы превращений. Объясните.

7. Что быстрее взаимодействует со щелочью, 4-хлорпиридин или 4-иодпиридин? Представьте схемы превращений. Объясните.

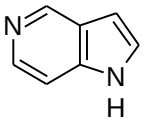
8. Какой из двух атомов азота более основен в молекуле:

1) бензимидазола;
2) 2-аминопиридина?

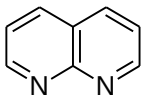
Объясните. Представьте схемы (уравнения) протонирования для каждого соединения. Найдите справочные значения констант ионизации.

9. Расположите в ряд по увеличению pK_a следующие соединения:

I



II

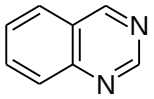


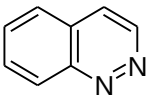
III

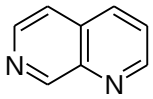
Дайте качественное объяснение. Представьте схемы протонирования для каждого соединения. Найдите справочные значения констант ионизации. Назовите эти соединения по правилам IUPAC.

10. Объясните, почему в воде аммиак является более сильным основанием, чем пиридин, тогда как в газовой фазе (в парах) основность пиридина несколько выше, чем аммиака.

11. Укажите, какой из атомов азота в представленных ниже соединениях подвергается алкилированию в первую очередь? Представьте схемы реакционных превращений. Объясните.







Назовите эти соединения по правилам IUPAC.

12. Объясните, почему имидазол намного основнее, чем пиразол. Представьте схемы протонирования для каждого соединения. Найдите справочные значения констант ионизации.

13. Почему при алкилировании имидазола в нейтральной среде алкилгалогенидами при мольном соотношении реактантов 1:1 получается смесь продуктов моно- и диалкилирования? Напишите уравнения реакций. Каким должно быть соотношение реактантов, чтобы получался в основном продукт моноалкилирования? Объясните.

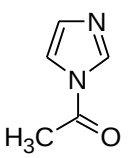
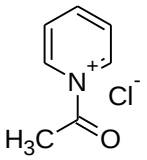
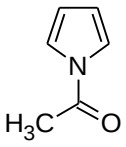
14. Почему при ацилировании азолов в безводных апротонных растворителях их вводят в реакцию в 2-кратном мольном избытке по отношению к ацилирующему агенту? Приведите примеры реакций ацилирования азолов.

15. Какой продукт преимущественно образуется при метилировании 2-аминопиридина в нейтральных условиях? Объясните. Изобразите схемы реакций.

16. Объясните, почему натриевая соль 2-бензотиазолтиола («каптакса») метилируется преимущественно по атому серы, а ацетилируется – по атому азота. Изобразите схемы соответствующих реакций.

17. Объясните, почему реакции алкилирования амбидентных анионов α- и γ-амино-, гидрокси-, меркапто-, алкилазинов и азолов обычно являются кинетически контролируемыми, а реакции ацилирования, гидроксиметилирования, аминометилирования таких гетероциклических субстратов подчиняются термодинамическому контролю? Приведите примеры таких реакций.

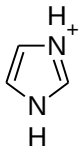
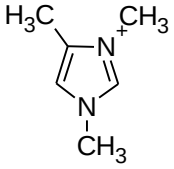
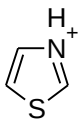
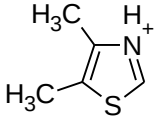
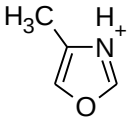
18. Расположите следующие N-ацетильные производные гетероциклов в порядке увеличения легкости отщепления ацетильной группы:

Объясните. Приведите примеры соответствующих реакций.

19. Объясните, почему четвертичные пиридиниевые соли, в которых атом азота связан с остатками неорганических кислот (серной, азотной, циановой), отличаются высокой лабильностью и часто применяются для введения этих остатков (назовите их) в другие молекулы. Приведите формулы этих солей и примеры реакций переноса указанных остатков.

20. Расположите в порядке уменьшения активности в реакции оснóвного H/D-обмена, т. е. в порядке уменьшения скорости обмена, следующие азолиевые катионы:

1 **2** **3** **4** **5**

Объясните. Представьте механизм дейтерообмена в ряду азолов.

21. Почему под действием сильных кислот наблюдаются процессы ди-. три- и олигомеризации пиррола, фурана, индола и т. п.? Поясните механизм этих реакций на примере димеризации пиррола.

22. Расположите в порядке уменьшения активности (реакционной способности) по отношению к электрофильным реагентам следующие соединения:

a) пиридин,
b) хинолин,
c) пиррол,
d) индол.

Объясните. Представьте схемы (механизмы) реакций электрофильного замещения в указанных гетероароматических субстратах.

23. Какие продукты получаются при алкилировании индазола в нейтральной и в щелочной среде? Изобразите схемы этих реакций, объясните их ход и назовите механизмы, которым они следуют.

24. Расположите в порядке уменьшения NH-кислотности следующие соединения:

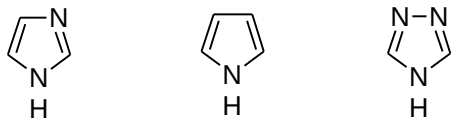
a) пиррол,
b) индол,
c) имидазол,
d) бензимидазол.

Объясните предложенный порядок уменьшения NH-кислотности. Представьте схемы кислотной диссоциации для каждого соединения. Найдите справочные (оценочные) значения констант диссоциации.

25. Объясните, почему реакции электрофильного замещения в пирроле идут преимущественно по α-положению, а в индоле – преимущественно по β-положению?

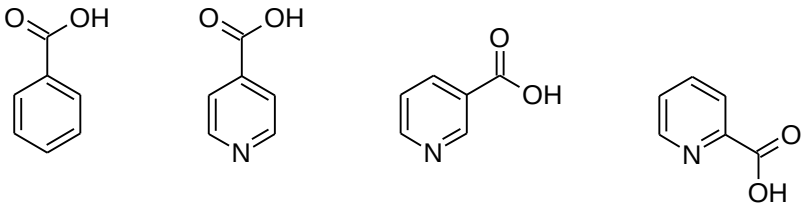
Представьте схемы (механизмы) соответствующих реакций.

26. Расположите следующие гетероциклы в порядке увеличения реакционной способности по отношению к электрофилам и объясните этот порядок.



Назовите эти гетероциклы. Приведите примеры реакций этих гетероароматических субстратов с электрофильными реагентами (с механизмами).

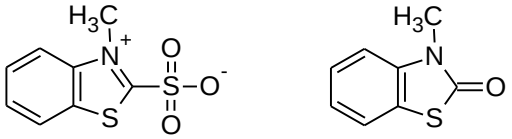
27. Расположите в порядке увеличения кислотности следующие соединения:



1 **2** **3** **4**

Объясните предложенный порядок. Представьте схемы кислотно-основных равновесий для амфотерных соединений (амфолитов). Найдите справочные значения констант диссоциации соединений **1**-**4**. Укажите, к каким равновесиям относятся найденные константы.
Назовите эти соединения.

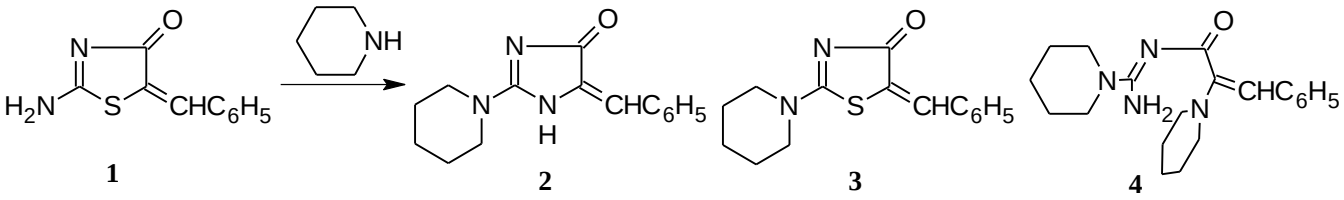
28. Объясните, почему в ЯМР ^{1}H спектре кондиционного 3-метилбензо[*d*]тиазол-3-ий-2-сульфоната (бетаин, **1**), записанном в товарном ДМСО-d_6, помимо сигналов самого бетаина (**1**), содержатся сигналы 3-метилбензо[*d*]тиазол-2(3*H*)-она (бензотиазолон, **2**). В ЯМР ^{1}H спектре этого же образца бетаина (**1**), записанном в товарном дейтерированном ацетонитриле, дополнительные сигналы, относящиеся к бензотиазолону (**2**), отсутствуют, и спектральная картина полностью соответствует структуре (**1**).



1 **2**

При необходимости проиллюстрируйте ваш ответ схемой химической трансформации.

29. После нагревания 2-амино-5-бензилиден-1,3-тиазол-4(5*H*)-она (**1**) с избытком пиперидина в толуоле из реакционной смеси были выделены 2-(пиперидин-1-ил)-5-бензилиден-1,5-дигидро-4*H*-имидазол-4-он (**2**), тиазольное производное (**3**) и производное акриламида (**4**):



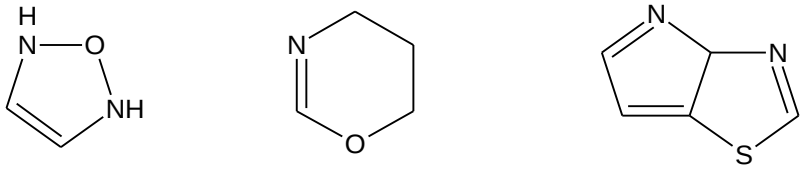
1 **2** **3** **4**

Предложите возможные маршруты протекающих в реакционной смеси реакций.

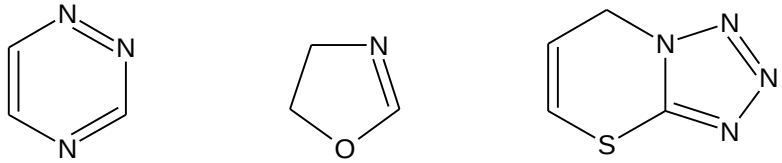
6.3 Перечень типовых задач по номенклатуре гетероциклических соединений, используемых при текущем контроле (АР) и промежуточной аттестации

(практические задания к зачету)

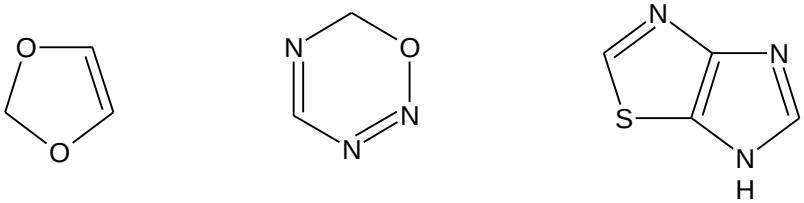
1. Назовите и пронумеруйте соединение:



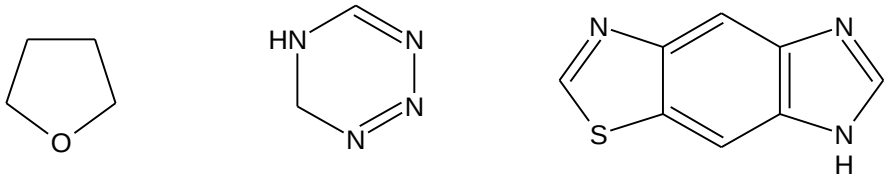
2. Назовите и пронумеруйте соединение:



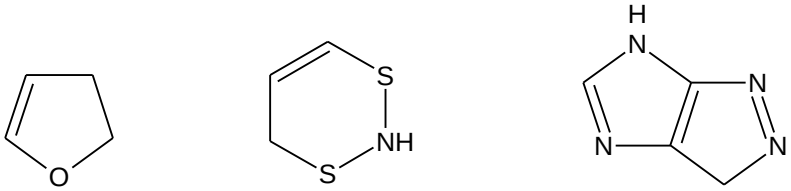
3. Назовите и пронумеруйте соединение:



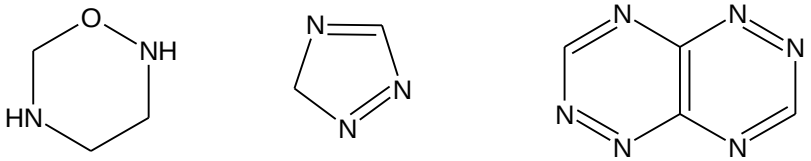
4. Назовите и пронумеруйте соединение:



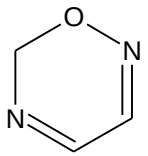
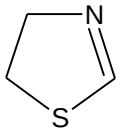
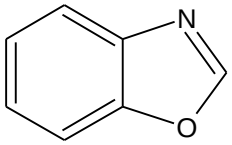
5. Назовите и пронумеруйте соединение:



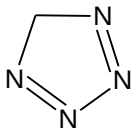
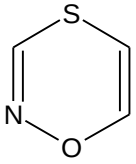
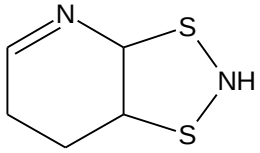
6. Назовите и пронумеруйте соединение:



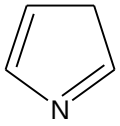
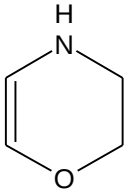
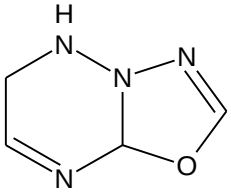
7. Назовите и пронумеруйте соединение:

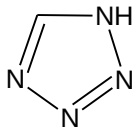
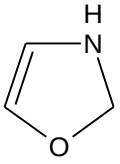
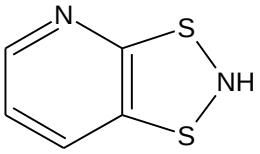
8. Назовите и пронумеруйте соединение:

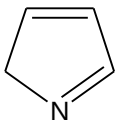
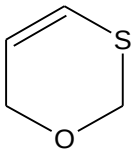
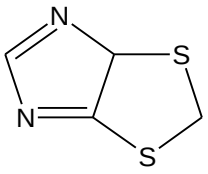
9. Назовите и пронумеруйте соединение:

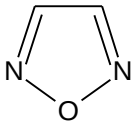
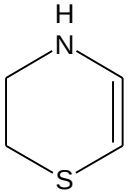
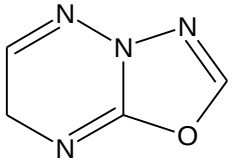
10. Назовите и пронумеруйте соединение:

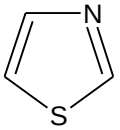
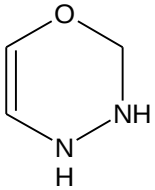
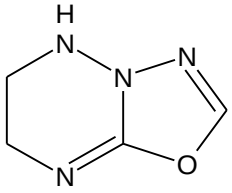
11. Назовите и пронумеруйте соединение:

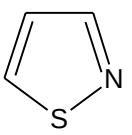
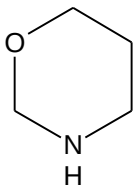
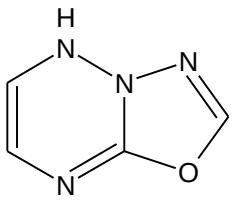
12. Назовите и пронумеруйте соединение:

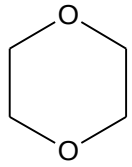
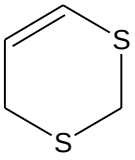
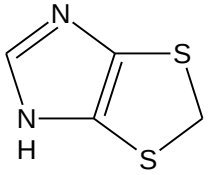
13. Назовите и пронумеруйте соединение:

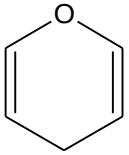
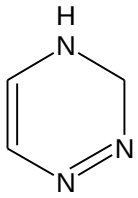
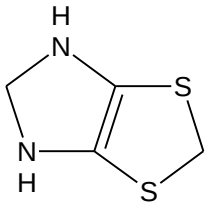
14. Назовите и пронумеруйте соединение:

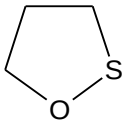
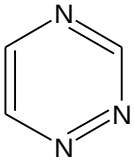
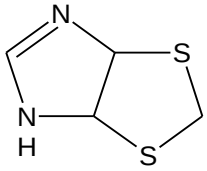
15. Назовите и пронумеруйте соединение:

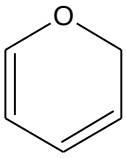
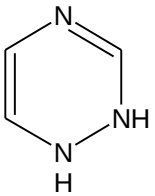
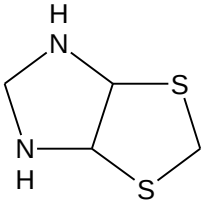
16. Назовите и пронумеруйте соединение:

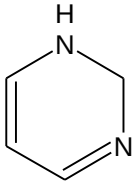
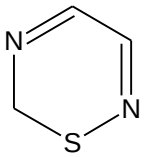
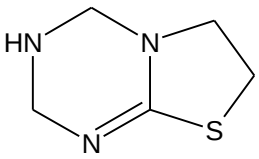
17. Назовите и пронумеруйте соединение:

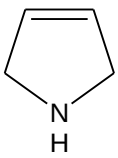
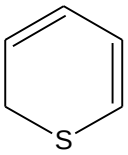
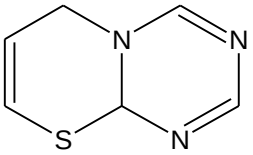
18. Назовите и пронумеруйте соединение:

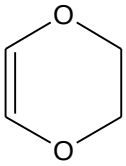
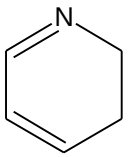
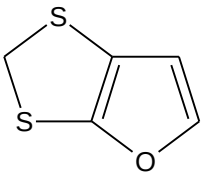
19. Назовите и пронумеруйте соединение:

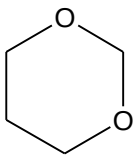
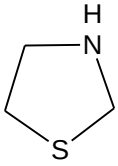
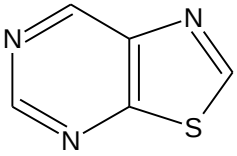
20. Назовите и пронумеруйте соединение:

21. Назовите и пронумеруйте соединение:

22. Назовите и пронумеруйте соединение:

При необходимости используются дополнительные задачи и упражнения из рекомендованных учебников и учебных пособий.

5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачёта.

Шкала оценивания на зачёте – «зачёт», «незачет». При этом «зачёт» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.