



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Химический факультет  
Кафедра теоретической и прикладной органической химии и  
полимеризационных процессов

УТВЕРЖДАЮ  
Декан химического факультета  
А.И. Вильмс  
2021 г.



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.ДВ.03.02 Химия гетероциклических соединений  
(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля)).

Направление подготовки: 04.04.01. Химия  
(код, наименование направления подготовки)

Направленность (профиль) подготовки: Научно-технологический

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очная  
(очная, заочная (с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий), очно-заочная (с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий))

Согласовано с УМК химического факультета Рекомендовано кафедрой теоретической и прикладной органической химии и полимеризационных процессов

Протокол № 06 от «17» мая 2021 г. Протокол № 07 от «29» апреля 2021 г.

Председатель А.И. Вильмс Зав. кафедрой Эдельштейн О.А.

Иркутск – 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

	<i>стр.</i>
I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ: .....	3
II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО .....	3
III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов .....	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	6
4.3. Содержание разделов и тем дисциплины .....	7
4.3.1 Перечень практических занятий и лабораторных работ .....	8
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение самостоятельной работы студентов .....	10
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	11
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов).....	12
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	12
а) основная литература.....	12
б) Дополнительная литература.....	12
г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы .....	13
VI.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	13
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	13
6.2. Программное обеспечение: .....	14
6.3. Технические и электронные средства: .....	15
VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	15
VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....	16
8.1. Оценочные средства текущего контроля .....	16
8.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации .....	18

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

**Цели:** дать химикам фундаментальные знания в области теории и практики современной органической химии.

### **Задачи:**

- рассмотрение вопросов, связанных с номенклатурой, составом, структурой, электронным строением и химическими свойствами основных классов органических соединений,
- дать понятия об основных типах механизмов реакций для различных классов органических соединений;
- изучение классификации органических реакций, типов реагентов, условий проведения реакций.

В результате изучения данной дисциплины студенты должны научиться оценивать реакционную способность различных органических соединений на основе электронных эффектов, кислотности и основности органических молекул. Иметь конкретные представления о методиках синтеза различных соединений и использовать их на практике.

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина «химия гетероциклических соединений» относится к базовой (обязательной) части программы.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

№ п/п	Код дисциплины	Наименование предшествующих дисциплин
1	Б1. О.10	Математика
2	Б1. О.19	Органическая химия
3	Б1. О.23	Физическая химия. Химическая термодинамика
4	Б1. О.18	Физико-химические методы анализа
5	Б1. В.04	Физические методы исследования

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

Полученные знания, умения и навыки необходимы при дальнейшем изучении дисциплин: Б1.В.ДВ.02.01 - «Химия лекарственных препаратов», Знание этой дисциплины необходимо при дальнейшем обучении в магистратуре и аспирантуре, а также в сферах профессиональной деятельности: здравоохранение (синтез и контроль качества лекарственных препаратов), химия природного органического сырья (изучение состава и разработка способов переработки и практического использования продуктов из угля, нефти, природного газа) и др.

## III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций (элементов следующих компетенций) в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению 04.03.01 «Химия», профиль: теоретическая и прикладная химия.

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),  
соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

<b>Компетенция</b>	<b>Индикаторы компетенций</b>	<b>Результаты обучения</b>
ПК-4 Способен проводить экспериментальные и расчетно-теоретические исследования по заданной теме в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК-4.2 Проводит расчетно-теоретические исследования по заданной теме в выбранной области химии	<p><b>Знает:</b> теоретические основы базовых химических дисциплин (неорганической, органической) и способы их использования при решении конкретных химических задач</p> <p><b>Умеет:</b> проводить первичный анализ результатов с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках химической науки</p>
ПК-5 Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК-5.2. Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	<p><b>Знает:</b> синтез веществ различной природы; основные достоинства и недостатки различных методов исследования свойств веществ и материалов; правила и нормы техники безопасности при работе с химическими реактивами и физическими приборами</p> <p><b>Умеет:</b> проводить одно- и двухстадийные синтезы с использованием предлагаемых методик; работать на стандартном химическом оборудовании</p> <p><b>Владеет:</b> навыками работы с современными химическими приборами, приемами организации методики работ при решении поставленной задачи</p>

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов, в том числе 26 часов на экзамен.

##### 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские (практические занятия)	Консультации, контроль		
1	Введение	3			1	-	1	-	-
2	Классификация и номенклатура азотистых гетероциклов	3			1	-	1	1	КОЛЛОКВИУМ
3	Гетероароматичность и типы гетероатомов	3			2	2	1	4	КОЛЛОКВИУМ
4	Реакции гетероциклизации	3			2	4	1	4	КОЛЛОКВИУМ
5	Таутомерия гетероциклических соединений	3			2	2	1	4	КОЛЛОКВИУМ
6	Кислотно-основные свойства азотистых гетероциклов	3			2	2	1	4	КОЛЛОКВИУМ
7	Электрофильное замещение (присоединение) у атома азота в азолах, азинах	3			2	2	1	4	КОЛЛОКВИУМ
8	Электрофильное присоединение (замещение) у атома углерода в азолах, азинах	3			2	2	1	5	КОЛЛОКВИУМ
9	Нуклеофильное замещение в гетероциклах	3			1	1	1	5	КОЛЛОКВИУМ
10	Гетероциклические системы, как заместители в органических молекулах	3			1	1	2	1	-
11	Винильные производные азолов.	3			1	1	2	1	-

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися	Самостоятельная		
	Синтез С- и N-винилазолов							
	Промежуточная аттестация	3						<b>Экзамен</b>
<b>Итого часов</b>			<b>108</b>		<b>18</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>33</b>

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
3	Классификация и номенклатура азотистых гетероциклов	Подготовка к коллоквиуму по теме «Классификация и номенклатура азотистых гетероциклов»	1-18 неделя	1	Коллоквиум	Учебное пособие «Органическая химия». Ч.1.
3	Гетероароматичность и типы гетероатомов	Подготовка к коллоквиуму по теме «Гетероароматичность и типы гетероатомов»		4	Коллоквиум	Учебное пособие «Органическая химия». Ч.1.
3	Реакции гетероциклизации	Подготовка к коллоквиуму по теме «Реакции гетероциклизации»		4	Коллоквиум	Практикум по органической химии
3	Таутомерия гетероциклических соединений	Подготовка к коллоквиуму по теме «Таутомерия гетероциклических соединений»		4	Коллоквиум	Практикум по органической химии
3	Кислотно-основные свойства азотистых гетероциклов	Подготовка к коллоквиуму по теме «Кислотно-основные свойства азотистых гетероциклов»		4	Коллоквиум	Практикум по органической химии. Учебное пособие «Органическая химия». Ч.1.
3	Электрофильное замещение (присоединение) у атома азота в азолах, азинах	Подготовка к коллоквиуму по теме «Электрофильное замещение (присоединение) у атома азота в азолах, азинах»		4	Коллоквиум	Практикум по органической химии. Учебное пособие «Органическая химия». Ч.1.
3	Электрофильное присоединение (замещение) у атома углерода в азолах, азинах	Подготовка к коллоквиуму по теме «Электрофильное присоединение (замещение) у атома углерода в азолах, азинах»		5	Коллоквиум	Практикум по органической химии. Учебное пособие «Органическая химия». Ч.1.

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
3	Нуклеофильное замещение в гетероциклах	Подготовка к коллоквиуму по теме «Нуклеофильное замещение в гетероциклах»		5	Коллоквиум	Практикум по органической химии. Учебное пособие «Органическая химия». Ч.1.
<b>Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для данной дисциплины (час)</b>				<b>31</b>		

### 4.3. Содержание разделов и тем дисциплины

Трудоемкость дисциплины (з.е.)	3
Наименование основных разделов (модулей)	<p><b>1. Введение.</b> Роль соединений, содержащих гетероциклические фрагменты в различных сферах жизнедеятельности человека.</p> <p><b>2. Классификация и номенклатура азотистых гетероциклов.</b> Роль гетероциклических соединений в живых системах. Гетероциклы на мировом рынке наукоемкой химии, технологии малотоннажных продуктов и лекарственных средств. Области применения гетероциклических соединений. Классификация и номенклатура азотистых гетероциклов, конденсированных систем.</p> <p><b>3. Гетероароматичность и типы гетероатомов</b> Общие и отличительные признаки молекулярного строения гетероциклических и карбоциклических систем. Неароматические трех-, четырех- и семичленные гетероциклы. Гетероароматичность и типы гетероатомов. <math>\pi</math>-Избыточные, <math>\pi</math>-дефицитные и <math>\pi</math>-амфотерные гетероциклы. Критерии ароматичности: структурные, спектральные, энергетические, химические. Количественная оценка ароматичности азолов и азинов.</p> <p><b>4. Реакции гетероциклизации</b> Реакции гетероциклизации. Классификация, механизмы, термодинамика. Электродитические реакции: аддитивная таутомерия без миграции, с миграцией, гетероциклизация. Дипольное циклоприсоединение. Механизмы элементарных стадий. Конкретные примеры синтеза пятичленных гетероциклов с одним гетероатомом (фураны, тиофены, пирролы), азолов (пиразолы, имидазолы, тиазолы, оксазолы, триазолы, оксадиазолы, тетразолы), азинов (пиридины, ди-, три- и тетразины), конденсированных систем (индолы, бензофураны, бензотиофены, хинолины), пиримидинов и пуринов.</p> <p><b>5. Таутомерия гетероциклических соединений</b> Таутомерия гетероциклических соединений в растворах и в газовой фазе. Определение понятий таутомерии и изомерии применительно к гетероциклам. Прототропная, амино-иминная, кето-енольная, тион-тиольная, гидроксид-тиол-цвиттерионная таутомерии. Влияние природы субстрата и растворителя на таутомерные равновесия. Экспериментальные методы исследования таутомерии.</p> <p><b>6. Кислотно-основные свойства азотистых гетероциклов</b></p>

	<p>Кислотно-основные свойства азотистых гетероциклов в газовой фазе и в растворах. Влияние числа атомов азота, заместителей в цикле на константы основности и кислотности азолов и азинов. Взаимосвязь констант кислотности и основности. Особенности электронного строения нейтральных и заряженных (анионов и протонированных форм) гетероциклов.</p> <p><b>7. Электрофильное замещение (присоединение) у атома азота в азолах, азинах.</b> Электрофильное замещение (присоединение) у атома азота в азолах и азинах. Алкилирование тетразолов. Строение и формы существования гетероциклического субстрата, электрофильного реагента. Влияние реакционной среды на скорость и селективность электрофильных реакций с гетеро-циклическими субстратами. Катализ электрофильных реакций с участием тетразолов: кислотный, основной, межфазный.</p> <p><b>8. Электрофильное замещение у атома углерода в азолах и азинах</b> Электрофильное замещение у атома углерода в пирроле, фуране, тиофене, азолах и азинах. Влияние природы гетероатома на активность гетероциклов в реакциях электрофильного замещения и селективность реакций</p> <p><b>9. Нуклеофильное замещение в гетероциклах</b> Нуклеофильное замещение в гетероциклах. Механизмы АЕ, ЕА и АЕа. Нуклеофильное замещение водорода и галогенов в азинах, пирроле, фуране, тиофене и азолах. Окислительно-восстановительные реакции, реакции Дильса-Альдера с участием гетероциклических соединений.</p> <p><b>10. Гетероциклические системы как заместители в органических молекулах.</b> Гетероциклические системы как заместители в органических молекулах. Влияние числа гетероатомов на значения электронных констант азольных и азинильных заместителей.</p> <p><b>11. Винильные производные азолов. Синтез С- и N-винилазолов</b> Винильные производные азолов. Синтез С- и N-винилазолов и их полимеризация. Карбоцепные и гетероцепные полимеры с азольными циклами.</p>
<p>Формы текущего контроля</p>	<p>Устный опрос, коллоквиумы</p>
<p>Форма промежуточной аттестации</p>	<p>Экзамен</p>

#### 4.3.1 Перечень практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	Гетероароматичность и типы гетероатомов	Признаки и критерии ароматичности, типы гетероатомов. Структурный, спектральный, энергетический и химический критерии ароматичности. Расчет	2		Устный опрос,	ПК-4, ПК-5



		ароматичности гетероциклов (компьютер – раздел №2 обучающей системы)				
2	Реакции гетероциклизации	Образование гетероциклической системы. Классификация основных процессов. Электролитические реакции – аддитивная таутомерия без миграции, с миграцией, гетероциклизация. Диполярное цикло-присоединение. Механизмы элементарных стадий. Разбор конкретных примеров (компьютер – раздел №3 обучающей системы)	4			
3	Таутомерия гетероциклических соединений	Таутомерия. Определение понятий таутомерии и изомерии применительно к гетероциклам. Прото-тропная, аминокимная, кетонольная, тион-тиольная, гидрокси(тиол)-цвиттерионная таутомерии Влияние природы субстрата и растворителя на таутомерные равновесия (компьютер – раздел №4 обучающей системы)	2			
4	Кислотно-основные свойства азотистых гетероциклов	Кислотно-основные свойства. Кислотность и основность азолов в газовой фазе и в растворах. Влияние числа атомов азота, заместителей в гетероцикле, среды на константы кислотности и основности азолов. Взаимосвязь констант кислотности и основности. Гетероциклические слабые основания. Основность азинов.	2			
6	Электрофильное замещение (присоединение) у атома азота в азолах, азинах	Гетероциклические системы как заместители в органических молекулах. Электронные эффекты, значения электронных и пространственных констант для анализа в рамках уравнений ЛСЭ (компьютер – раздел №5 обучающей системы)	2			
7	Электрофильное присоединение (замещение) у атома углерода в азолах, азинах	Электрофильное замещение (присоединение) у атомов азота гетероциклов. Алкилирование, ацилирование, электрофильное аминирование, окси- и аминометилирование. Строение и формы существования гетероциклического субстрата,	2			

		электрофильного реагента. Влияние реакционной среды на скорость и селективность электрофильных реакций с гетероциклическими субстратами. Катализ электрофильных реакций с участием гетероциклических субстратов: кислотный, основной, межфазный (компьютер – раздел №6 обучающей системы)				
8	Нуклеофильное замещение в гетероциклах	Нуклеофильное замещение атома водорода в гетероароматических системах. Реакции N, O и C-нуклеофилов с гетероароматическими субстратами. Механизмы нуклеофильного замещения атома водорода. (компьютер – раздел №7 обучающей системы)	2			
9	Гетероциклические системы, как заместители в органических молекулах	Гетероциклические системы как заместители в органических молекулах. Электронные эффекты, значения электронных и пространственных констант для анализа в рамках уравнений ЛСЭ (компьютер – раздел №5 обучающей системы)	1			
10	Винильные производные азолов. Синтез C- и N-винилазолов	Синтез винильных производных азолов. Синтез C- и N-винилазолов, реакционная способность C- и N-винилазолов. Влияние на реакционную способность C- и N-винилазолов количества и природы гетероатомов в цикле, а также положения винильной группы.	1			

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение самостоятельной работы студентов

№	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	Классификация и номенклатура азотистых гетероциклов	Подготовка к коллоквиуму по теме «Классификация и номенклатура азотистых гетероциклов»	ПК-4 ПК-5	ПК-4.2 ПК-5.2
2	Гетероароматичность и типы гетероатомов	Подготовка к коллоквиуму по теме «Гетероароматичность и типы гетероатомов»	ПК-4 ПК-5	ПК-4.2 ПК-5.2
3	Реакции гетероциклизации	Подготовка к коллоквиуму по теме «Реакции гетероциклизации»	ПК-4 ПК-5	ПК-4.2 ПК-5.2
4	Таутомерия	Подготовка к коллоквиуму по	ПК-4	ПК-4.2

	гетероциклических соединений	теме «Таутомерия гетероциклических соединений»	ПК-5	ПК-5.2
5	Кислотно-основные свойства азотистых гетероциклов	Подготовка к коллоквиуму по теме «Кислотно-основные свойства азотистых гетероциклов»	ПК-4 ПК-5	ПК-4.2 ПК-5.2
6	Электрофильное замещение (присоединение) у атома азота в азолах, азинах	Подготовка к коллоквиуму по теме «Электрофильное замещение (присоединение) у атома азота в азолах, азинах»	ПК-4 ПК-5	ПК-4.2 ПК-5.2
7	Электрофильное присоединение (замещение) у атома углерода в азолах, азинах	Подготовка к коллоквиуму по теме «Электрофильное присоединение (замещение) у атома углерода в азолах, азинах»	ПК-4 ПК-5	ПК-4.2 ПК-5.2
8	Нуклеофильное замещение в гетероциклах	Подготовка к коллоквиуму по теме «Нуклеофильное замещение в гетероциклах»	ПК-4 ПК-5	ПК-4.2 ПК-5.2

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего профессионального образования. Согласно требованиям нормативных документов самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, научно-исследовательской деятельности, подготовки к семинарам, лабораторным работам, сдаче зачетов и экзаменов. Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ. Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие задачи:

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;
- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;
- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;
- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;
- развитие навыков самоорганизации;
- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

Самостоятельная работа студентов, связанная с подготовкой по закреплению теоретического материала в виде контрольных работ, тестов, устных опросов проводится во внеаудиторное время.

В учебном процессе предусмотрено широкое использование активных и интерактивных форм проведения занятий (семинаров в диалоговом режиме, дискуссий, компьютерных симуляций, разбора конкретных ситуаций, групповых дискуссий) в сочетании с конкретной научно-исследовательской работой в области химии. Одной из основных активных форм обучения, связанных с ведением того вида (видов) деятельности, к которым готовится магистрант (научно-исследовательской и научно-педагогической), является семинар, к работе которого привлекаются ведущие исследователи и специалисты-практики,

В ФБГОУ ВО «ИГУ» организация самостоятельной работы студентов регламентируется Положением о самостоятельной работе студентов, принятым Ученым советом ИГУ 22 июня 2012 г.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

По данной дисциплине выполнение курсовых проектов (работ) не предусматривается.

### У. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### а) основная литература

1. Неконденсированные вицинальные триазолы: справ. пособие / Иркут. гос. ун-т ; сост. Т. В. Голобокова [и др.] ; рец.: А. Ф. Шмидт, Г. А. Гареев. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 133 с.; 21 см. - Библиогр.: с. 133.+
2. Эдельштейн О. А., Финкельштейн Б. Л., Пройдаков А. Г. и др. Органическая химия: в 2 ч. Ч. 2. Нуклеофильные реакции – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та –2014 – 95 с.+
3. Травень Ф.В. Органическая химия: учебное пособие для вузов. Т.1 - 3-е изд. (эл.)–М.: Изд-во Бинوم. Лаборатория знаний – 2013 (Режим доступа: ЭБС «Издательство «Лань»)+
4. Травень Ф.В. Органическая химия: учебное пособие для вузов. Т.2 - 3-е изд. (эл.)–М.: Изд-во Бинوم. Лаборатория знаний – 2013 (Режим доступа: ЭБС «Издательство «Лань»)+
5. Травень Ф.В. Органическая химия: учебное пособие для вузов. Т.3 - 3-е изд. (эл.)–М.: Изд-во Бинوم. Лаборатория знаний – 2013 (Режим доступа: ЭБС «Издательство «Лань»)+

#### б) Дополнительная литература

1. Ливанцов М.В., Зайцева Г.С., Ливанцова Л.И. Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями Ч.1 - Ч.11 (эл.) - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний –2012 – 359 с.(ЭБС «Издательство «Лань»)+
2. Бунев, А. С. Химия гетероциклических соединений : учебное пособие / А. С. Бунев, В. Е. Стацюк. — Тольятти : ТГУ, 2013. — 71 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/140296> (дата обращения: 01.06.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.+
3. Сборник контрольных заданий по органической химии : учебное пособие / В. Я. Денисов, Д. Л. Мурышкин, Т. Б. Ткаченко, Т. В. Чуйкова. — Кемерово : КемГУ, [б. г.]. — Часть 3 : Ароматические и гетероциклические соединения — 2009. — 86 с. — ISBN 978-5-8353-0963-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/30112> (дата обращения: 01.06.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.+

#### в) периодические издания (при необходимости)



## г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://www.chem.msu.su/> - портал химического образования России

<http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/>

Электронная библиотека по химии <http://www.chemistry.narod.ru/>

Мир химии <http://www.chem.km.ru/>

<http://www.informika.ru/text/database/chemy/START.html> Электронный справочник "Химия для всех"

<http://www.uic.ssu.samara.ru/~chemistry/index.htm> Органическая химия

<http://formula44.narod.ru/> Органическая химия

<http://www.chem.msu.su/rus/teaching/yurovska/welcome.html> Химия

гетероциклических соединений

В соответствии с п. 4.3.4. ФГОС ВО, обучающимся в течение всего периода обучения обеспечен неограниченный доступ (удаленный доступ) к электронно-библиотечным системам:

1. Открытая электронная база ресурсов и исследований «Университетская информационная система РОССИЯ» [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru> бессрочный

2. Государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://нэб.рф>. бессрочный

3. Научная электронная библиотека «ELIBRARY.RU» [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>. - Контракт № 148 от 23.12.2020 г. Акт от 24.12.2020 г. срок действия по 31.12. 2021 г. доступ: <http://elibrary.ru/>

4. ЭБС «Издательство Лань». Контракт № 100 от 13.11.2020 г. Акт № 671 от 14.11.2020 г.; Срок действия по 13.11.2021 г. доступ: [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)

5. Контракт № 100 от 13.11.2020 г. Акт № Э 656 от 14.11.2020 г. ; Срок действия по 13.11.2021 г. доступ: [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)

6. ЭБС ЭЧЗ «Библиотех». Государственный контракт № 019 от 22.02.2011 г. ООО «Библиотех». Лицензионное соглашение к Государственному контракту № 019 от 22.02.2011. Адрес доступа: <https://isu.bibliotech.ru/> Срок действия: бессрочный.

7. ЭБС «Рукопт» Контракт № 98 от 13.11.2020 г.; Акт № БК-5415 от 14.11.20 г. Срок действия по 13.11.2021г. доступ: <http://rucont.ru/>

8. ЭБС «Айбукс.ру/ibooks.ru» Контракт № 99 от 13.11.2020г.; Акт № 99А от 13.11.2020 г. Срок действия по 13.11.2021 г. доступа: <http://ibooks.ru>

9. ООО «Электронное издательство Юрайт». Контракт № 60 от 23.09.2020г. Акт приема-передачи № 3263 от 18.10.2020; Срок действия по 17.10. 2021 г. доступ: <https://urait.ru/> Лицензионный контракт № 04-Е-0258 от 20.09.2021г. Акт приема-передачи № 5684 от 18.10.2021; Срок действия по 17.10. 2022 г. доступ: <https://urait.ru/>

10. ООО «ИВИС», контракт № 157 от 25. 12.2020 г.; Акт от 25.12.2020 г. Срок действия с 01.01.2021 по 31.12.2021 г. доступ: <http://dlib.eastview.com>

11. ООО «ИД «Гребенников», контракт № 147 от 23. 11.2020 г.; Акт от 25.12.2020 г. Срок действия с 01.01.2021 по 31.12.2021 г. доступ: <http://grebennikon.ru>

## VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Помещения для проведения лекционных и лабораторных занятий, укомплектованные необходимым оборудованием, приборной базой и реактивами, а именно:

- аудитории, оснащенные мультимедийными средствами, для проведения аудиторных и практических занятий (ауд. 5, 6, 402, 423, 426);

- лабораторные практикумы (ауд. 440, 442, 443, 313) по органической химии, оснащенные следующим оборудованием:

№ п/п	Наименование	Количество
1.	Персональные компьютеры	3
2.	Мультимедийный проектор	1
3.	Таблицы-схемы	10

Общий фонд включает учебники и учебные пособия, справочная литература, энциклопедии – универсальные и отраслевые, электронная обучающая программа «Основы органической химии»

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Специальные помещения: Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, текущего контроля, промежуточной аттестации.	Аудитория оборудована специализированной учебной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории: Ноутбук (Aser Aspire V3-5516 (AMD A10-4600M 2300 МГц)) (1 штука) с неограниченным доступом к сети Интернет, с неограниченным доступом к сети Интернет; Проектор Vivitek, экран ScreenVtdia Ecot- 3200*200MW 1:1, колонки, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины.	ОС Windows: DreamSpark Premium, Договор № 03-016-14 от 30.10.2014  Microsoft Office: 0365ProPiusOpenStudents ShrdSvr ALNG subs VL NL I MthAcadmsStdnt w/Faculty (15000 лицензий)  Kaspersky Endpoint Security для бизнеса- стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational License № 1B08170221-054045730177
Специальные помещения: компьютерный класс (учебная аудитория) для групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), организации самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской	Аудитория оборудована специализированной учебной мебелью, техническими средствами обучения: компьютеры (системный блок AMD Athlon 64 X2 DualCore 3600+ 1900 МГц (15 штук), Монитор LG Flatron L1742SE (14 штук), Монитор ViewSonic VG720) с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.	ОС Windows: DreamSpark Premium, Договор № 03-016-14 от 30.10.2014  Microsoft Office: 0365ProPiusOpenStudents ShrdSvr ALNG subs VL NL I MthAcadmsStdnt w/Faculty (15000 лицензий)  Kaspersky Endpoint Security для бизнеса- стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational License № 1B08170221-054045730177

## 6.2. Программное обеспечение:

№	Наименование Программного продукта	Кол-во	Обоснование для пользования ПО	Дата выдачи лицензии	Срок действия права пользования
1.	Microsoft Office Professional Plus 2007 Russian Academic OPEN No Level	12	Номер Лицензии Microsoft 46211164 Гос.контракт № 03-162-09 от 01.12.2009	01.12.2009	бессрочно
2.	Microsoft® Windows® Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN No Level Promo	12	Номер Лицензии Microsoft 46211164 Гос.контракт № 03-162-09 от 01.12.2009	01.12.2009	бессрочно

3.	OpenOffice 4.1.3	Условия правообладателя	Условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/licenses/PDL.html">https://www.openoffice.org/licenses/PDL.html</a>	Условия правообладателя	бессрочно
----	------------------	-------------------------	---	-------------------------	-----------

### 6.3. Технические и электронные средства:

Методической концепцией преподавания предусмотрено использование технических и электронных средств обучения и контроля знаний студентов: мультимедийные презентации, фрагменты фильмов.

## VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы данной дисциплины используются различные образовательные технологии

1.	Разноуровневое обучение	У преподавателя появляется возможность помогать слабому, уделять внимание сильному, реализуется желание сильных учащихся быстрее и глубже продвигаться в образовании. Сильные учащиеся утверждают в своих способностях, слабые получают возможность испытывать учебный успех, повышается уровень мотивации учения.
2.	Проектные методы обучения	Работа по данной методике дает возможность развивать индивидуальные творческие способности учащихся, более осознанно подходить к профессиональному и социальному самоопределению
3.	Исследовательские методы в обучении	Дает возможность учащимся самостоятельно пополнять свои знания, глубоко вникать в изучаемую проблему и предполагать пути ее решения, что важно при формировании мировоззрения. Это важно для определения индивидуальной траектории развития каждого обучающегося
4.	Лекционно-семинарско-зачетная система	Данная система дает возможность сконцентрировать материал в блоки и преподнести его как единое целое, а контроль проводить по предварительной подготовке обучающихся
5.	Информационно-коммуникационные технологии	Изменение и неограниченное обогащение содержания образования, использование интегрированных курсов, доступ в ИНТЕРНЕТ.
6.	Система инновационной оценки «портфолио»	Формирование персонифицированного учета достижений обучающегося как инструмента педагогической поддержки социального самоопределения, определения траектории индивидуального развития личности

### Наименование тем занятий с использованием активных форм обучения:

№	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	Кол-во часов
1	Классификация и номенклатура азотистых гетероциклов	собеседование	коллоквиум	2
2	Гетероароматичность и типы гетероатомов	собеседование	коллоквиум	2
3	Реакции		коллоквиум	2

	гетероциклизации	собеседование		
4	Таутомерия гетероциклических соединений	собеседование	коллоквиум	2
5	Кислотно-основные свойства азотистых гетероциклов	собеседование	коллоквиум	2
	Электрофильное замещение (присоединение) у атома азота в азолах, азинах	собеседование	коллоквиум	2
	Электрофильное присоединение (замещение) у атома углерода в азолах, азинах	собеседование	коллоквиум	2
	Нуклеофильное замещение в гетероциклах	собеседование	коллоквиум	2
	Гетероциклические системы, как заместители в органических молекулах	собеседование	коллоквиум	2
Итого часов				<b>18</b>

## VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.1. Оценочные средства текущего контроля

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Коллоквиум	Классификация и номенклатура азотистых гетероциклов	ПК-4, ПК-5
2	Коллоквиум	Гетероароматичность и типы гетероатомов	ПК-4, ПК-5
3	Коллоквиум	Реакции гетероциклизации	ПК-4, ПК-5
4	Коллоквиум	Таутомерия гетероциклических соединений	ПК-4, ПК-5
5	Коллоквиум	Кислотно-основные свойства азотистых гетероциклов	ПК-4, ПК-5
6	Коллоквиум	Электрофильное замещение (присоединение) у атома азота в азолах, азинах	ПК-4, ПК-5
7	Коллоквиум	Электрофильное присоединение (замещение) у атома углерода в азолах, азинах	ПК-4, ПК-5
8	Коллоквиум	Нуклеофильное замещение в гетероциклах	ПК-4, ПК-5

### ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ



Промежуточная аттестация (*экзамен*) может проводиться в форме устного собеседования или в виде тестовых заданий с открытыми вопросами.

### **КОЛЛОКВИУМ 1**

#### **Классификация номенклатура азотистых гетероциклов**

Роль гетероциклических соединений в живых системах. Гетероциклы на мировом рынке наукоемкой химии, технологии малотоннажных продуктов и лекарственных средств. Области применения гетероциклических соединений. Классификация и номенклатура азотистых гетероциклов, конденсированных систем.

### **КОЛЛОКВИУМ 2**

#### **Гетероароматичность и типы гетероатомов**

Общие и отличительные признаки молекулярного строения гетероциклических и карбоциклических систем. Неароматические трех-, четырех- и семичленные гетероциклы. Гетероароматичность и типы гетероатомов.  $\pi$ -Избыточные,  $\pi$ -дефицитные и  $\pi$ -амфотерные гетероциклы. Критерии ароматичности: структурные, спектральные, энергетические, химические. Количественная оценка ароматичности азолов и азинов.

### **КОЛЛОКВИУМ 3**

#### **Реакции гетероциклизации**

Реакции гетероциклизации. Классификация, механизмы, термодинамика. Электролитические реакции: аддитивная таутомерия без миграции, с миграцией, гетероциклизация. Диполярное циклоприсоединение. Механизмы элементарных стадий. Конкретные примеры синтеза пятичленных гетероциклов с одним гетероатомом (фураны, тиофены, пирролы), азолов (пиразолы, имидазолы, тиазолы, оксазолы, триазолы, оксадиазолы, тетразолы), азинов (пиридины, ди-, три- и тетразины), конденсированных систем (индолы, бензофураны, бензотиофены, хинолины), пиримидинов и пуринов.

### **КОЛЛОКВИУМ 4**

#### **Таутомерия гетероциклических соединений**

Таутомерия гетероциклических соединений в растворах и в газовой фазе. Определение понятий таутомерии и изомерии применительно к гетероциклам. Прототропная, амино-иминная, кето-енольная, тион-тиольная, гидроксид (тиол)-цивиттерионная таутомерии. Влияние природы субстрата и растворителя на таутомерные равновесия. Экспериментальные методы исследования таутомерии.

### **КОЛЛОКВИУМ 5**

#### **Кислотно-основные свойства азотистых гетероциклов**

Кислотно-основные свойства азотистых гетероциклов в газовой фазе и в растворах. Влияние числа атомов азота, заместителей в цикле на константы основности и кислотности азолов и азинов. Взаимосвязь констант кислотности и основности. Особенности электронного строения нейтральных и заряженных (анионов и протонированных форм) гетероциклов

### **КОЛЛОКВИУМ 6**

#### **Электрофильное замещение (присоединение) у атома азота в азолах, азинах**

Электрофильное замещение (присоединение) у атома азота в азолах и азинах. Алкилирование тетразолов. Строение и формы существования гетероциклического субстрата, электрофильного реагента. Влияние реакционной среды на скорость и селективность электрофильных реакций с гетероциклическими субстратами. Катализ электрофильных реакций с участием тетразолов: кислотный, основной, межфазный

### **КОЛЛОКВИУМ 7**

**Электрофильное присоединение (замещение) у атома углерода в азолах, азинах**

Электрофильное замещение у атома углерода в пирроле, фуране, тиофене, азолах и азинах. Влияние природы гетероатома на активность гетероциклов в реакциях электрофильного замещения и селективность реакций

### КОЛЛОКВИУМ 8

#### Нуклеофильное замещение в гетероциклах

Нуклеофильное замещение в гетероциклах. Механизмы АЕ, ЕА и АЕа. Нуклеофильное замещение водорода и галогенов в азинах, пирроле, фуране, тифене и азолах. Окислительно-восстановительные реакции, реакции Дильса-Альдера с участием гетероциклических соединений.

#### 8.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации

1. Классификация и номенклатура азотистых гетероциклов, конденсированных систем.
2. Гетероароматичность и типы гетероатомов.  $\pi$ -Избыточные,  $\pi$ -дефицитные и  $\pi$ -амфотерные гетероциклы.
3. Критерии ароматичности: структурные, спектральные, энергетические, химические. Количественная оценка ароматичности азолов и азинов.
4. Реакции гетероциклизации. Классификация, механизмы, термодинамика. Электролитические реакции: аддитивная таутомерия без миграции, с миграцией, гетероциклизация. Диполярное циклоприсоединение. Механизмы элементарных стадий.
5. Конкретные примеры синтеза пятичленных гетероциклов с одним гетероатомом (фураны, тиофены, пирролы), азолов (пиразолы, имидазолы, тиазолы, оксазолы, триазолы, оксадиазолы, тетразолы).
6. Конкретные примеры синтеза шестичленных гетероциклов азинов (пиридины, ди-, три- и тетразины), конденсированных систем (индолы, бензофураны, бензотиофены, хинолины), пиримидинов и пуринов.
7. Таутомерия гетероциклических соединений в растворах и в газовой фазе. Определение понятий таутомерии и изомерии применительно к гетероциклам. Прототропная, amino-иминная, кето-енольная, тион-тиольная, гидроксид-тиол-цивиттерионная таутомерии. Влияние природы субстрата и растворителя на таутомерные равновесия. Экспериментальные методы исследования таутомерии.
8. Кислотно-основные свойства азотистых гетероциклов в газовой фазе и в растворах. Влияние числа атомов азота, заместителей в цикле на константы основности и кислотности азолов и азинов.
9. Взаимосвязь констант кислотности и основности. Особенности электронного строения нейтральных и заряженных (анионов и протонированных форм) гетероциклов.
10. Электрофильное замещение (присоединение) у атома азота в азолах и азинах.
11. Алкилирование тетразолов. Строение и формы существования гетероциклического субстрата, электрофильного реагента. Влияние реакционной среды на скорость и селективность электрофильных реакций с гетероциклическими субстратами. Катализ электрофильных реакций с участием тетразолов: кислотный, основной, межфазный.
12. Электрофильное замещение у атома углерода в пирроле, фуране, тиофене, азолах и азинах. Влияние природы гетероатома на активность гетероциклов в реакциях электрофильного замещения и селективность реакций.
13. Нуклеофильное замещение в гетероциклах. Механизмы АЕ, ЕА и АЕа. Нуклеофильное замещение водорода и галогенов в азинах, пирроле, фуране, тифене и азолах.
14. Гетероциклические системы как заместители в органических молекулах. Влияние числа гетероатомов на значения электронных констант азолильных и азинильных заместителей.

15. Винильные производные азолов. Синтез С- и N-винилазолов и их полимеризация. Карбоцепные и гетероцепные полимеры с азольными циклами.
16. Синтез физиологически активных соединений на основе гетероциклических соединений. Гетероциклы в медицине.

### ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Процедура оценивания
ПК-4 Способен проводить экспериментальные и расчетно-теоретические исследования по заданной теме в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	<b>Знает:</b> основные законы и закономерности, определяющие направление и результат протекания процессов в органических реакциях	Собеседование. Выполнение практических работ.
	<b>Умеет:</b> проводить первичный анализ результатов с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках органической химии	Собеседование. Выполнение практических работ. Оформление отчетов по лабораторным работам.
	<b>Умеет:</b> грамотно формулировать выводы	Собеседование. Оформление отчетов по лабораторным работам.
	<b>Знает:</b> правила и нормы техники безопасности при работе с химическими реактивами и физическими приборами	Выполнение лабораторных работ.
	<b>Умеет:</b> работать на стандартном аналитическом оборудовании: аналитических и технических весах, рефрактометре	Выполнение лабораторных работ.
	<b>Владет:</b> навыками работы с современными химическими приборами, приемами организации методики работ при решении поставленной задачи.	Собеседование. Выполнение лабораторных работ.
ПК-5 Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	<b>Знает:</b> правила составления протоколов отчетов химических опытов	Выполнение лабораторных работ.
	<b>Умеет:</b> представить результаты опытов и расчетных работ согласно требованиям в данной области химии.	Оформление отчетов по лабораторным работам.

#### КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ:

1. Предусмотрено 8 собеседований по теоретическому материалу в виде коллоквиумов. Каждая тема оценивается максимум на 3 балла. Максимальное количество баллов на экзамене 30.

**Оценка «неудовлетворительно»:**

фрагментарное знание предмета, отсутствие умений и навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач (менее 50 баллов).

**Оценка «удовлетворительно»:**

несистематизированные знания предмета, частично сформированные умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач (50-69 баллов).

**Оценка «хорошо»:**

в целом, сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания предмета, умение применять методы и подходы изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач с минимальным количеством ошибок непринципиального характера, наличие навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач (70 - 85 баллов).

**Оценка «отлично»:**

сформированные и систематизированные знания предмета, сформированные умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач(86-100 баллов).

**Разработчики:**



(подпись)

доцент

(занимаемая должность)

Покатилов Ф.А.

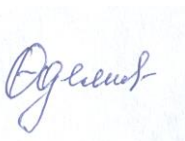
(инициалы, фамилия)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учетом рекомендаций ПООП по направлению подготовки.

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической и прикладной органической химии и полимеризационных процессов

Протокол № 07 от «29» апреля 2021\_\_ г

Зав. кафедрой



Эдельштейн О.А.

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы*