

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

Институт биологии и экологии

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института



Смирнова Н.Н.

2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

направление подготовки / специальность

**04.03.01 Химия**

направленность (профиль) подготовки

**Химический анализ, химическая и экологическая экспертиза  
объектов окружающей среды**

г. Владимир

2019 год

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Органическая химия» является развитие понимания природы и сущности химических процессов, приобретение базовых знаний и практических навыков для профессиональной деятельности.

Задачи: изучение теоретических аспектов реакций с участием органических веществ; раскрыть смысл основных закономерностей превращений органических соединений, приобретение и развитие способности студента пользоваться основными механизмами реакций и предсказывать направления реакций, предсказывать свойства соединений на основе их строения, уметь предложить способы синтеза заданных соединений; приобретение практических навыков проведения химических экспериментов по синтезу, выделению и очистке органических веществ, определения структуры органических соединений по их спектральным данным.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Органическая химия относится к обязательной части дисциплин учебного плана направления 04.03.01 Химия.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-2: Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	ОПК-2.1. <i>Знает:</i> классы опасности основных вредных химических веществ и степень их воздействия на окружающую среду; общие правила техники безопасности при работе в лабораториях с опасными химическими веществами	<i>Знает:</i> основы современных теорий в области органической химии и способы их применения для решения теоретических и практических задач; основы классификации органических соединений, строение, способы получения и химические свойства различных классов органических соединений, основные механизмы протекания органических реакций; правила безопасной работы в лаборатории органической химии.	Тестовые вопросы
	ОПК-2.2. <i>Умеет:</i> проводить исследования, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, процессов с их участием с соблюдением правил и норм техники безопасности	<i>Умеет:</i> самостоятельно ставить синтетическую задачу, выбирать оптимальные пути и методы синтеза и анализа, обсуждать результаты исследований, ориентироваться в современной литературе по органической химии.	
	ОПК-2.3. <i>Владеет:</i> способностью оценивать причины возможных нарушений параметров технологического процесса, исправность оборудования при проведении химического эксперимента, безопасность его использования, возможные	<i>Владеет:</i> экспериментальными методами синтеза, очистки, определения физико-химических свойств и установления структуры органических соединений; навыками безопасной работы с органическими веществ-	

	риски; навыками безопасного обращения с кислотами, щелочами, легковоспламеняющимися жидкостями и другими химическими веществами	вами разных классов опасности	
ПК-4. Способен разрабатывать методики физико-химических методов анализ растворов, материалов и иных объектов в соответствии с требованиями технологической документации	ПК-4.1 <i>Знает:</i> стандарты, методики и инструкции, определяющие порядок разработки и оформления отчетной документации по результатам исследований и разработок	<i>Знает:</i> правила оформления результатов эксперимента по выделению, очистке, синтезу органических веществ.	Тестовые вопросы
	ПК-4.2 <i>Умеет:</i> выбирать методы, инструменты и оборудование для проведения химического анализа	<i>Умеет:</i> выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам.	
	ПК-4.3 <i>Владеет:</i> современными методами проведения экспериментов и наблюдений в области профессиональной деятельности	<i>Владеет:</i> методиками выделения и очистки органических веществ, в том числе при пробоподготовке	
ПК-6: Способен производить лабораторные исследования, анализы отобранных проб и образцов для оценки экологического состояния объектов	ПК-6.1. <i>Знает:</i> основы физико-химических методов исследования объектов окружающей среды	<i>Знает:</i> теоретические основы качественного анализа органических веществ.	Тестовые вопросы
	ПК-6.2. <i>Умеет:</i> производить лабораторные исследования, замеры, анализы отобранных природных образцов; рассчитывать предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ техногенного характера; работать на аналитическом лабораторном оборудовании	<i>Умеет:</i> самостоятельно планировать и проводить качественный анализ органических веществ	
	ПК-6.3. <i>Владеет:</i> методами проведения экологического мониторинга	<i>Владеет:</i> экспериментальными методами проведения качественных реакций с целью определения состава и структуры исследуемых объектов.	



#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет: 10 зачетных единиц, 360 часов

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и /или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	<i>Введение. Основные понятия. Методы выделения и очистки органических веществ</i>	3	1	2					
			1-18			32	22	10	
2	<i>Углеводороды.</i>	3							
2.1	Алканы		2-3	4		2		4	
2.2	Алкены	3	4-5	4		2		8	
2.3	Диены	3	6	2		2		4	РК 1
2.4	Алкины	3	7	2		2		4	
2.5	Циклоалканы	3	8	2				2	
2.6	Ароматические углеводороды	3	9-11	6		4		8	
3	<i>Галогенпроизводные.</i>	3							РК 2
3.1	Алифатические галогенпроизводные		12-13	4		2		6	
3.2	Ароматические галогенпроизводные		14	2		2		6	
4	<i>Гидроксилсодержащие производные</i>	3							
4.1	Спирты		15-16	4		4		6	
4.2	Фенолы	3	17-18	4		2		5	РК 3
Всего за 3 семестр					<b>36</b>	<b>54</b>		<b>63</b>	<b>Экзамен (27 часов)</b>
5	<i>Простые эфиры</i>	4	1	1		8		2	
6	<i>Азотсодержащие производные</i>	4						2	
6.1	Нитросоединения		1	1					
6.2	Амины	4	2-3	4				2	
6.3	Азо- и диазосоединения	4	4	2		4	6	2	
7	<i>Карбонильные соединения</i>	4							РК 1
7.1	Предельные карбонильные соединения		5-6	4		4		4	
7.2	Непредельные карбонильные соединения	4	7	2				2	
7.3	Ароматические карбонильные соединения	4	8	2		10		4	
8	<i>Карбоновые кислоты</i>	4							
	Предельные карбоновые ки-		9-10	3				4	

8.1	слоты					4			
8.2	Непредельные карбоновые кислоты	4	10	1				2	
8.3	Ароматические карбоновые кислоты	4	11	2		8	8	2	
8.4	Многоосновные карбоновые кислоты	4	12	2				2	РК 2
9	<i>Гетероциклические соединения</i>	4		2					
9.1	Пятичленные гетероциклы		13			4		4	
9.2	Шестичленные гетероциклы	4	14	2				2	
10	<i>Стереохимия органических соединений</i>	4	15	2				4	
11	<i>Гетерофункциональные соединения</i>	4							
11.1	Гидроксикислоты		16	1		4		2	
11.2	Аминокислоты	4	16	1		4		2	
11.3	Оксокислоты	4	16					2	
11.4	Углеводы	4	17-18	4		4		4	
12	<i>Физические методы исследования в органической химии</i>	4	1-18					6	РК 3
Всего за 4 семестр				36		54		54	Экзамен (36 часов)
Итого по дисциплине				72		108		117	Экзамен (2) (63 часа)

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

#### **Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**Содержание.** Предмет органической химии. Причины выделения её в самостоятельную науку. Основные этапы развития органической химии как науки. Знание органической химии для формирования материалистических представлений в естествознании. Роль органической химии в развитии народного хозяйства России.

Теория химического строения А. М. Бутлерова. Классификация органических соединений: ряды, классы, функциональные группы. Понятие о гомологических рядах. Эмпирические, молекулярные, структурные формулы соединений. Структурная изомерия.

Типы химических связей в органических соединениях. Взаимное влияние атомов в молекулах органических соединений. Понятие об индуктивном эффекте, эффекте сопряжения и гиперконъюгации.

#### **Раздел 2. УГЛЕВОДОРОДЫ**

##### **Тема 2.1. Алканы**

**Содержание.** Гомологический ряд алканов. Общая формула. Изомерия. Первичный, вторичный и третичный атомы углерода. Номенклатура: рациональная и систематическая. Алкильные радикалы, их названия.

Природные источники алканов: нефть, природный газ.

Промышленные методы получения: синтез из оксида углерода и водорода, крекинг нефти, гидрирование ненасыщенных соединений.

Лабораторные способы получения: из галогеналканов (реакция Вюрца), из карбоновых кислот.

Строение алканов:  $sp^3$ -состояние атома углерода. Тетраэдрическая модель молекулы метана. Валентные углы. Характеристика связей C - C и C - H (длина, энергия, полярность и поляризуемость). Закономерности их изменения внутри класса.

Химические свойства: общая характеристика химических свойств.

Реакции замещения. Галогенирование. Свободнорадикальный цепной механизм реакций галогенирования. Ориентация при галогенировании. Связь между строением углеводородов и



их реакционной способностью. Устойчивость радикалов. Нитрование алканов. Реакции с разрывом связей C - C. Крекинг и пиролиз. Окисление алканов.  
 Применение: использование алканов в органическом синтезе. Насыщенные углеводороды как топливо.

### Тема 2.2. Алкены

**Содержание.** Гомологический ряд. Общая формула. Структурная изомерия. Номенклатура рациональная и систематическая.

Способы получения: из алканов, из спиртов, из галогеналканов, из алкинов.

Строение:  $sp^2$ -состояние атома углерода. Квантово-химическая трактовка образования двойной связи.  $\pi$ -связь. Характеристика двойной связи (длина, энергия, полярность, поляризуемость). Геометрическая (цис-, транс-) изомерия алкенов. Физические свойства.

Химические свойства: каталитическое гидрирование. Реакции электрофильного присоединения галогенов, галогеноводородов, серной кислоты, воды. Механизм этих реакций. Направление реакций присоединения кислот к несимметричным алкенам. Правило Марковникова, его современное объяснение. Строение, относительная устойчивость и реакционная способность карбокатионов.

Реакции радикального присоединения галогенов и бромоводорода. Перекисный эффект Караша, его объяснение.

Реакции аллильного хлорирования и бромирования. Строение и относительная устойчивость радикалов аллильного типа. Окисление алкенов с образованием эпокси соединений, с разрывом углеродных цепей. Озонолиз.

Понятие о полимеризации алкенов. Мономеры, олигомеры, полимеры. Значение полимерных материалов для народного хозяйства. Применение алкенов в органическом синтезе.

### Тема 2.3. Алкадиены

**Содержание.** Гомологический ряд. Общая формула. Изомерия. Номенклатура.

Три типа алкадиенов: с изолированными, кумулированными и сопряжёнными двойными связями.

Углеводороды с сопряжёнными двойными связями: способы получения дивинила из спирта, из 1,4-бутандиола, из нефтяных газов. Получение изопрена.

Строение алкадиенов с сопряжёнными двойными связями: энергия сопряжения, её величина. Характеристика связей (длина, энергия, полярность, поляризуемость). Физические свойства.

Химические свойства: особенности реакций электрофильного и радикального присоединения сопряжённых алкадиенов (1,2- и 1,4- присоединение). Мезомерный карбокатион, его строение и относительная устойчивость. Кинетический и термодинамический контроль реакций электрофильного присоединения. Реакционная способность сопряжённых алкадиенов.

Окисление и озонолиз. Каталитическое гидрирование и восстановление химическими восстановителями. Реакции полимеризации и сополимеризации. Понятие о натуральном и синтетическом каучуках.

### Тема 2.4. Алкины (ацетиленовые углеводороды)

**Содержание.** Гомологический ряд. Общая формула. Изомерия. Номенклатура рациональная и систематическая.

Способы получения. Промышленные способы получения ацетилена: из карбида кальция, из метана. Лабораторные способы получения: из дигалогеналканов, из ацетиленидов.

Строение.  $sp$ -состояние атома углерода. Квантово-химическая трактовка тройной связи, её геометрия и характеристика (длина, энергия, полярность, поляризуемость).

Физические свойства.

Химические свойства. Кислотные свойства алкинов с концевой тройной связью. Ацетилениды, строение, применение. Гидрирование алкинов: частичное и полное. Реакции присоединения. Электрофильное присоединение галогенов и галогеноводородов, направление реакций и стереохимия. Сравнение реакционной способности алкинов и алкенов в реакциях присое-



динения. Нуклеофильное присоединение спиртов. Гидратация алкинов по М. Г. Кучерову. Присоединение кислот и циановодорода (реакции винилирования). Полимеризация ацетилена (винилацетилен, дивинилацетилен, хлоропрен). Промышленные синтезы на основе ацетилена.

### Тема 2.5. Алициклические углеводороды

**Содержание.** Классификация и изомерия алициклических соединений. Номенклатура. Алициклические соединения в природе. Нефть как источник циклоалканов.

Способы получения. Циклизация дигалогеноалканов, дикарбоновых кислот и их солей, синтезы с помощью малонового эфира, внутримолекулярная сложноэфирная конденсация, гидрирование ароматических соединений, дегидроциклизация алканов. Получение алициклических соединений циклизацией непредельных соединений.

Диеновый синтез. Диены и диенофилы, их реакционная способность.

Строение циклоалканов. Характер углерод-углеродных связей в молекуле циклопропана (банановые связи). Строение циклобутана и циклопентана, типы напряжений, конформации. Конформации циклогексана, экваториальные и аксиальные связи, конформации замещённых циклогексанов. Цис-транс- и оптическая изомерия алициклических соединений.

Физические свойства.

Химические свойства. Гидрирование и окисление. Действие галогенов, галогеноводородов и минеральных кислот. Связь между строением циклоалканов и их реакционной способностью. Влияние размера колец и их конформаций на реакционную способность функциональных групп. Взаимные превращения циклов.

### Тема 2.6. Ароматические углеводороды

**Содержание.** Причины выделения ароматических соединений в особый ряд. Понятие ароматичности. Развитие представлений о строении бензола. Формула Кекуле. Современные электронные и квантово-химические представления о строении бензола. Длина связей и энергия сопряжения бензола, методы её определения. Магнитная характеристика. Объяснение особых свойств бензола.

Критерии ароматичности органических соединений. Правило Хюккеля.

Электрофильное замещение в ароматическом ядре.  $\pi$ - и  $\sigma$ -Комплексы. Строение  $\sigma$ -комплексов. Энергетическая диаграмма. Примеры реакций электрофильного замещения: нитрование, галогенирование, алкилирование, ацилирование, сульфирование бензола.

Влияние заместителей на направление и скорость электрофильного замещения. Классификация заместителей: *o*,*n*-ориентанты активирующие и дезактивирующие, *m*-ориентанты дезактивирующие. Индуктивные эффекты заместителей и эффекты сопряжения. Связь между направлением замещения и термодинамической устойчивостью  $\sigma$ -комплексов. Соотношение изомеров при электрофильном замещении, влияние пространственных факторов. Ориентация у дизамещённых бензолов (согласованная и несогласованная). Планирование синтезов замещённых бензолов.

Гомологический ряд бензола

Общая формула. Изомерия. Номенклатура.

Источники ароматических соединений: каменноугольная смола, коксовый газ, нефть и её ароматизация.

Синтетические методы получения бензола и его гомологов. Реакции Вюрца-Фиттига и Фриделя-Крафтса. Их механизмы.

Физические свойства.

Химические свойства. Реакции электрофильного замещения: галогенирование, нитрование, сульфирование, алкилирование, ацилирование по Фриделю-Крафтсу. Особенности реакции галогенирования и нитрования боковых цепей. Окисление гомологов бензола. Реакции присоединения водорода, хлора по ароматическому кольцу. Озонолиз.



Полиядерные ароматические соединения

Бифенил. Получение. Свойства. Бензидин, бензидиновая перегруппировка.

Трифенилметан, трифенилхлорметан, трифенилкарбинол. Получение, свойства. Понятие об устойчивых триарилметильных радикалах и ионах.

Нафталин. Получение в технике. Строение. Ароматичность. Энергия сопряжения. Изомерия. Номенклатура замещённых нафталина.

Физические свойства.

Химические свойства. Реакции присоединения: водорода, хлора, брома. Отношение к действию окислителей. Реакции электрофильного замещения: галогенирование, нитрование, сульфирование, ацилирование. Механизмы реакций, причины активности  $\alpha$ -положения. Сульфирование нафталина, значение этой реакции для получения  $\beta$ -производных нафталина.  $\alpha$ - и  $\beta$ -Нафтолы, способы получения, свойства.

Антрацен и фенантрен. Строение, ароматичность, свойства. Высшие полициклические углеводороды. Понятие о канцерогенных соединениях.

### **Раздел 3. ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ**

#### **Тема 3.1. Алифатические галогенопроизводные**

**Содержание.** Общая формула. Изомерия. Первичные, вторичные и третичные галогеналканы. Номенклатура.

Способы получения: из алканов (галогенирование), из алкенов (гидрогалогенирование), из спиртов.

Строение. Характеристика связей углерод - галоген (длина, энергия, полярность, поляризуемость).

Физические свойства и спектральные характеристики.

Химические свойства. Реакции нуклеофильного замещения галогеналканов (образование спиртов, простых эфиров, нитрилов, аминов и других классов соединений). Механизмы нуклеофильного замещения ( $S_N1$  и  $S_N2$ ). Факторы, влияющие на ход нуклеофильного замещения (строение галогеналкана, характер уходящей группы, сила нуклеофильного реагента, природа растворителя). Стереохимия реакций нуклеофильного замещения; реакции оптически активных соединений, протекающие с сохранением конфигурации, с обращением конфигурации, рацемизацией.

Реакции отщепления.  $\beta$ -Элиминирование, условия и направление реакций. Взаимоотношение понятий "нуклеофильность" и "основность". Правило Зайцева, его объяснение. Механизмы отщепления ( $E2$ ,  $E1$  и  $E1cB$ ). Конкуренция реакций элиминирования и нуклеофильного замещения. Факторы, влияющие на скорость отщепления и соотношение продуктов отщепления и замещения (структура галогеналкана, основность реагента, температура, природа растворителя). Стереохимия реакций отщепления. Восстановление галогеналканов. Реакции с металлами (натрием, литием, магнием).

Полигалогеналканы

Классификация. Геминальные и вицинальные дигалогеналканы, галоформы. Тетрахлорид углерода.

Способы получения: из алканов, алкенов, карбонильных соединений.

Химические свойства. Реакции нуклеофильного замещения и отщепления. Полигалогеналканы как растворители.

Галогенопроизводные непредельных углеводородов

Изомерия. Номенклатура. Три типа галогенопроизводных с двойной связью.

Винилгалогениды. Способы получения: из вицинальных дигалогеналканов, из алканов.

Строение винилхлорида. Причина инертности винилгалогенидов в реакциях нуклеофильного замещения. Реакции отщепления. Электрофильное присоединение галогенов и галогенводородов. Промышленные способы получения и применение винилхлорида. Поливинилхлорид.



Аллилгалогениды. Способы получения: из алкенов (аллильное хлорирование и бромирование), из сопряжённых алкадиенов (электрофильное присоединение галогеноводородов). Строение аллилхлорида. Причины повышенной реакционной способности аллилгалогенидов в реакциях  $S_N1$  и  $S_N2$ . Мезомерный аллильный карбокатион. Аллильная перегруппировка. Электрофильное присоединение к аллилгалогенидам.

Фторзамещённые непредельных углеводородов. Особенности связей C – F. Способы получения монофторалканов, фторалкенов и перфторуглеродов. Фреоны. Фторопласт (тефлон).

### **Тема 3.2. Ароматические галогенопроизводные**

**Содержание.** Гомологический ряд. Изомерия. Классификация. Номенклатура.

Способы получения: из бензола и его гомологов (галогенирование в ядро и боковую цепь, условия и механизмы реакций).

Химические свойства. Реакции нуклеофильного замещения галогена. Причины инертности галогена неактивированных арилгалогенидов. Условия и механизмы реакций неактивированных арилгалогенидов (отщепление присоединение). Влияние электроноакцепторных заместителей на реакционную способность арилгалогенидов при нуклеофильном замещении, механизм  $SN_2Ag$ . Причина повышенной реакционной способности бензилгалогенидов в реакциях  $SN_1$  и  $SN_2$ .

Образование металлорганических соединений, их применение в органическом синтезе.

Хлорбензол, бензилхлорид, бензилиденхлорид, бензотрихлорид, их получение, свойства, применение.

## **Раздел 4. ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ**

### **Тема 4.1. Спирты**

**Содержание.** Одноатомные спирты

Гомологический ряд. Общая формула. Классификация: первичные, вторичные, третичные. Номенклатура тривиальная, рациональная, систематическая.

Способы получения: из галогеналканов (гидролиз), из алкенов, из карбонильных соединений и сложных эфиров (восстановление). Синтез спиртов по реакции Гриньяра.

Промышленные способы получения метилового, этилового, изопропилового спиртов.

Строение. Характеристика связей C – O и O – H (длина, энергия, полярность, поляризуемость). Водородные связи в спиртах, их энергия.

Физические свойства. Влияние водородных связей на физические свойства и спектральные характеристики спиртов.

Химические свойства. Кислотность. Константа кислотности. Образование алкоголятов, их строение. Нуклеофильность и основность спиртов и алкоголят-анионов, их реакции с первичными, вторичными и третичными галогеналканами. Реакции нуклеофильного замещения: с галогеноводородными кислотами, галогенидами фосфора, тионилхлоридом. Особенность  $S_N1$  и  $S_N2$  реакций спиртов. Стереохимия реакций нуклеофильного замещения. Внутримолекулярное нуклеофильное замещение ( $S_N1$ ). Реакции спиртов с минеральными кислотами, образование эфиров минеральных кислот. Реакции отщепления: внутримолекулярная и межмолекулярная дегидратация. Механизмы реакций внутримолекулярного отщепления воды. Перегруппировки с участием карбокатионов. Связь между строением и реакционной способностью спиртов в реакциях нуклеофильного замещения и отщепления. Ацилирование спиртов (образование сложных эфиров карбоновых кислот). Ацилирующие реагенты. Окисление и дегидрирование.

Метилловый, этиловый, пропиловый и бутиловый спирты, их применение в органическом синтезе.

Ненасыщенные спирты. Виниловые спирты, причина их неустойчивости (правило Эльтекова). Аллиловые спирты. Получение. Причина повышенной реакционной способности в реакциях нуклеофильного замещения (механизм  $S_N1$ ).

Многоатомные спирты



Классификация, изомерия, номенклатура.

Двухатомные спирты (гликоли). Способы получения: из дигалогеналканов, эпоксисоединений, карбонильных соединений, эфиров дикарбоновых кислот. Пинаколиновая перегруппировка.

Трёхатомные спирты. Глицерин, получение из жиров и синтез из пропилена. Особенности физических и химических свойств двухатомных и трёхатомных спиртов. Применение этиленгликоля и глицерина в промышленности.

#### **Тема 4.2. Фенолы.**

**Содержание.** Одноатомные фенолы. Изомерия. Номенклатура.

Способы получения: из арилгалогенидов, из сульфокислот, из ароматических аминов. Получение фенола из изопропилбензола (кумольный метод).

Физические свойства.

Химические свойства. Кислотность фенола, её причина. Влияние заместителей в бензольном кольце на кислотность. Образование простых эфиров фенолов, их свойства и применение (анизол, фенетол и др.). Сложные эфиры фенолов, их получение и свойства.

Особенности реакций электрофильного замещения фенолов (галогенирование, нитрование, сульфирование, нитрозирование). Реакции электрофильного замещения в фенолят-анионе: азосочетание, реакция Кольбе-Шмидта, взаимодействие с формальдегидом. Фенолоформальдегидные смолы.

Двухатомные фенолы: пирокатехин, резорцин, гидрохинон. Получение, свойства, применение. Трёхатомные фенолы: пирогаллол, оксигидрохинон, флороглюцин. Особые свойства флороглюцина.

Хиноны. Классификация, номенклатура. *p*-Бензохинон. Получение. Строение. Химические свойства. Реакция восстановления, её механизм.

#### **Раздел 5. ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ**

**Содержание.** Простые эфиры. Изомерия и номенклатура. Способы получения: из спиртов, из галогеналканов (реакция Вильямсона). Химические свойства: основность, образование оксониевых соединений, реакции расщепления простых эфиров, их механизм ( $S_N1$  и  $S_N2$ ), автоокисление (образование пероксидов, их взрывоопасность). Диэтиловый эфир, его практическое применение. Диоксан. Тетрагидрофуран.

Эпоксисоединения. Изомерия и номенклатура. Способы получения: из алкенов, из галогенгидринов. Химические свойства: оксид этилена, способы получения и применение в органическом промышленном синтезе.

Тиоспирты (меркаптаны). Номенклатура. Способы получения: из галогеналканов, из спиртов. Физические свойства. Химические свойства: кислотность, образование тиолятов (меркаптидов), присоединение к алкенам, окисление до дисульфидов и сульфокислот.

#### **Раздел 6. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ**

##### **Тема 6.1. Нитросоединения**

**Содержание.** Гомологический ряд мононитроалканов

Общая формула. Изомерия. Классификация. Номенклатура.

Способы получения: из алканов (нитрование), из галогеналканов (нуклеофильное замещение). Понятие об амбидентных нуклеофильных реагентах. Принцип ЖМКО. Получение нитросоединений окислением аминов.

Строение нитрогруппы. Валентные углы и характеристика связей N-O. Индуктивный эффект нитрогруппы, влияние на углеродный радикал.

Физические свойства.

Химические свойства. Таутомерия первичных и вторичных нитросоединений. Механизм таутомерных превращений. Причина подвижности атома водорода при  $\alpha$ -углеродном атоме. C-H-кислотность первичных и вторичных нитроалканов. Реакции со щелочами. Строение солей,



мезомерный анион. Отличие свойств нитроалканов от эфиров азотистой кислоты (восстановление и гидролиз).

Нитрометан, получение, применение в технике.

Полинитросоединения.

Ароматические нитросоединения

Изомерия. Классификация. Номенклатура.

Способы получения: из бензола и его гомологов; из галогенопроизводных.

Физические свойства.

Химические свойства. Отличие свойств ароматических и жирноароматических соединений.

Влияние нитрогруппы на реакционную способность других групп в бензольном кольце.

Восстановление ароматических нитросоединений в кислой, нейтральной и щелочной средах.

Практическое значение этих реакций.

Полинитросоединения ароматического ряда.

## Тема 6.2. Амины

**Содержание.** Алифатические амины

Классификация: первичные, вторичные, третичные. Изомерия. Номенклатура.

Способы получения: алкилирование аммиака галогеналканами и спиртами, фталимидный метод Габриэля, восстановительное аминирование карбонильных соединений, восстановление азотсодержащих соединений (нитроалканов, оксимов, нитрилов, амидов). Из амидов кислот по Гофману.

Строение аминов.  $sp^3$  - Состояние атома азота. Характеристика связей C-N и N-H. Водородные связи аминов, их прочность.

Физические свойства. Влияние водородных связей.

Химические свойства. Основность. Константа основности. Связь между строением аминов и их основностью. Реакции аминов с кислотами, строение солей, их номенклатура и свойства. Алкилирование аминов галогеналканами. Ацилирование галогенангидридами и ангидридами кислот. Механизмы реакций алкилирования и ацилирования. Реакции с азотистой кислотой, условия проведения, механизм.

Понятие о диаминах, получение, свойства. Гексаметилендиамин. Синтетическое волокно "нейлон".

Ароматические амины

Классификация. Изомерия. Номенклатура.

Способы получения ароматических аминов: из нитросоединений (реакция Н. Н. Зинина), из арилгалогенидов (нуклеофильное замещение). Получение вторичных и третичных аминов.

Физические свойства.

Химические свойства. Влияние бензольного кольца и имеющихся в нём заместителей на основность аминов. Особенности алкилирования и ацилирования аминогруппы, взаимодействие с альдегидами. Реакции первичных, вторичных и третичных аминов с азотистой кислотой. Особенности электрофильного замещения у ароматических аминов (нитрование, галогенирование, сульфирование), условия проведения. Практическое значение.

Анилин, *p*-толуидин, *N*-метиланилин, *N,N*-диметиланилин, способы получения, применение.

## Тема 6.3. Диазо- и азосоединения

**Содержание.** Реакция диазотирования, условия её проведения, механизм. Влияние заместителей в бензольном кольце на скорость реакции.

Строение диазосоединений. Формы диазосоединений в зависимости от рН среды, таутомерные превращения.

Физические свойства.

Химические свойства. Реакции, протекающие с выделением азота: нуклеофильное замещение диазониевой группы на гидроксил, алкоксигруппу, фтор, радикальное замещение на водород, хлор, бром, циан, йод. Механизмы этих реакций.

Реакции без выделения азота: восстановление до арилгидразинов. Реакции азосочетания. Механизм. Условия реакций азосочетания с аминами и фенолами. Влияние заместителей на реакционную способность диазосоединений. Значение азосоединений. Понятие об азокрасителях. Восстановительное расщепление азосоединений.

## **Раздел 7. КАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

### **Тема 7.1 Предельные альдегиды и кетоны**

**Содержание.** Общая формула. Изомерия. Номенклатура (тривиальная, рациональная, систематическая).

Способы получения: из спиртов, из карбоновых кислот и их производных. Синтез альдегидов и кетонов по реакции Гриньяра. Оксосинтез.

Строение карбонильной группы. Сходство и различие связей  $C=O$  и  $C=C$ .

Физические свойства.

Химические свойства. Реакции нуклеофильного присоединения по карбонильной группе. Присоединение воды и спиртов. Понятие об общем и специфическом кислотном катализе. Присоединение галогеноводородов, гидросульфита натрия,  $PCl_5$ , реактивов Гриньяра. Реакции присоединения - отщепления аммиака, гидроксилamina, гидразина и его производных. Механизм этих реакций. Реакции, катализируемые основаниями (присоединение синильной кислоты). Альдольная и кротоновая конденсации, механизм при основном катализе. Причина повышенной активности атомов водорода при  $\alpha$ -углеродном атоме. Енолизация (механизмы при кислотном и основном катализе). Реакции галогенирования. Галоформные реакции метилкетонов, их практическое значение.

Восстановление до спиртов и углеводов. Окисление.

Муравьиный альдегид, получение в технике. Особые свойства. Реакция Канниццаро.

Уксусный альдегид, ацетон: методы получения, применение.

### **Тема 7.2. Ненасыщенные альдегиды и кетоны**

**Содержание.** Изомерия. Классификация.

Кетены. Номенклатура. Способы получения кетена: из ацетона, из уксусной кислоты. Строение кетена. Химические свойства: реакции с водой, спиртами, аминами, карбоновыми кислотами. Дикетен.

$\alpha, \beta$  - Ненасыщенные альдегиды и кетоны. Сопряжение связей  $C=C$  и  $C=O$ . Акролеин. Кротоновый альдегид (цис-транс- изомерия).

Химические свойства: особенности реакций электрофильного и нуклеофильного присоединения.

### **Тема 7.3. Ароматические альдегиды и кетоны**

**Содержание.** Изомерия. Классификация кетонов: ароматические и жирноароматические. Номенклатура.

Способы получения: из углеводов и спиртов (окисление, дегидрирование), из дигалогенопроизводных (гидролиз). Реакции Гаттермана-Коха, Гаттермана, Фриделя - Крафтса. Область применения этих реакций.

Физические свойства.

Химические свойства. Реакции окисления и восстановления. Присоединение нуклеофильных реагентов. Влияние ароматического кольца, заместителей в кольце и пространственных факторов на реакционную способность альдегидов и кетонов. Конденсация с алифатическими альдегидами, кетонами, нитросоединениями, их механизм в условиях основного катализа. Особые свойства ароматических альдегидов: реакции Канниццаро, Перкина, их механизмы.

Геометрическая изомерия оксимов альдегидов и кетонов. Перегруппировка Бекмана.

## **Раздел 8. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ**

### **Тема 8.1. Одноосновные карбоновые кислоты и их производные**



**Содержание.** Гомологический ряд насыщенных карбоновых кислот. Общая формула. Изомерия. Номенклатура (тривиальная, рациональная, систематическая). Ацилы, их номенклатура. Способы получения: из алканов, алкенов, алкинов, спиртов, альдегидов и кетонов (окисление); галогеналканов (через нитрилы и по реакции Гриньяра), сложных эфиров и амидов (гидролиз).

Строение карбоксильной группы.  $p$ ,  $\pi$ -Сопряжение. Характеристика связей C=O и O-H. Межмолекулярные водородные связи карбоновых кислот, их прочность.

Физические свойства. Влияние водородных связей на физические свойства.

Химические свойства. Кислотные свойства. Константа кислотности, влияние на неё структурных и электронных факторов. Реакции кислот со щелочами, карбонатами, гидрокарбонатами, металлами, реактивами Гриньяра. Строение карбоксилат-аниона.

Реакции кислот по карбонильной группе: взаимодействие с  $PCl_5$ ,  $SOCl_2$ , спиртами. Реакция этерификации, её механизм. Кислотный катализ. Реакции декарбоксилирования и восстановления.

Муравьиная и уксусная кислоты, получение и применение. Особенности строения и свойств муравьиной кислоты.

Функциональные производные карбоновых кислот. Галогенангидриды, сложные эфиры, ангидриды, амиды, нитрилы. Способы получения и важнейшие свойства. Реакционная способность функциональных производных карбоновых кислот. Гидролиз, его механизм при кислотном и основном катализах.

#### **Тема 8.2 $\alpha$ , $\beta$ - Ненасыщенные кислоты.**

**Содержание.** Сопряжение карбоксильной группы с двойной связью. Кислотность. Реакции электрофильного и нуклеофильного присоединения. Акриловая и метакриловая кислоты и их эфиры, технические способы их получения и применение. Акрилонитрил.

Высшие жирные кислоты: пальмитиновая, стеариновая, олеиновая. Получение и свойства.

#### **Тема 8.3. Ароматические карбоновые кислоты и их производные**

**Содержание.** Монокарбоновые кислоты, изомерия, номенклатура.

Способы получения: из углеводородов, спиртов, альдегидов, кетонов (окисление), из тригалогенпроизводных и нитрилов (гидролиз), реакцией Гриньяра.

Физические свойства.

Химические свойства. Кислотные свойства. Влияние бензольного кольца, заместителей в кольце и пространственных факторов на кислотность. Образование солей, их строение и свойства.

Функциональные производные ароматических кислот: хлорангидриды, ангидриды, сложные эфиры, амиды, нитрилы, их способы получения и свойства.

Дикарбоновые кислоты: фталевая, изофталевая, терефталевая. Получение, свойства, применение.

Сульфокислоты

Изомерия; номенклатура.

Способы получения: реакция сульфирования, сульфирующие реагенты. Условия и механизм.

Реакция сульфохлорирования.

Физические свойства.

Химические свойства. Реакции с электрофильными и нуклеофильными реагентами (десульфирование, щелочное плавление, замещение на цианогруппу). Механизмы этих реакций.

#### **Тема 8.4. Многоосновные и замещённые кислоты**

**Содержание.** Двухосновные карбоновые кислоты. Номенклатура. Особенности физических и химических свойств. Кислотность. Щавелевая, малоновая, янтарная, глутаровая и адипиновая кислоты; технические способы их получения и свойства (декарбоксилирование).

Малоновый эфир, его получение и свойства. Натриймалоновый эфир, получение, строение, алкилирование. Синтезы карбоновых кислот на основе малонового эфира.



Двухосновные ненасыщенные кислоты: малеиновая и фумаровая, их физические и химические свойства. Кислотность. Малеиновый ангидрид, получение, применение.

Галогенозамещенные кислоты.

Классификация и номенклатура.

Способы получения: из насыщенных карбоновых кислот и их производных (галогенирование), из ненасыщенных кислот (гидрогалогенирование).

Физические и химические свойства. Зависимость химических свойств от взаимного расположения галогена и карбоксильной группы.

## **Раздел 9. ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ**

### **Тема 9.1. Пятичленные гетероциклы**

**Содержание.** Пиррол, фуран, тиофен, ароматичность, их производные в природе. Методы синтеза пятичленных гетероциклов. Метод Пааля-Кнорра\*. Ацидофобность пиррола и фурана и электрофильное замещение в пирроле, фуране и тиофене. Ориентация электрофильного замещения. Особенности химических свойств пиррола: кислотность пиррола, алкилирование Li, Na, K и Mg производных. Особенности химических свойств фуранов: реакция с бромом, реакция Дильса-Альдера.

Конденсированные пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Индол. Производные индола в природе: триптофан, скатол, серотонин, гетероауксин. Индиго. [Синтез индолов по Фишеру. Механизм. Сравнение свойств индола и пиррола.] \* Ориентация электрофильного замещения в индоле.

### **Тема 9.2. Шестичленные гетероциклы**

**Содержание.** Пиридин: ароматичность, основность. Производные пиридина в природе: витамины, никотин, NADP. Химические свойства пиридина: основность, алкилирование, реакции электрофильного замещения, N-окись пиридина, получение и использование в синтезе. Особенности химических свойств метилпиридинов и винилпиридинов. Нуклеофильное замещение в 2-, 3-, и 4-хлорпиридинах. Нуклеофильное замещение гидрид-иона на аминогруппу под действием амида натрия (реакция Чичибабина).

Конденсированные шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Хинолин. Синтезы Краупа и Дебнера-Миллера. Понятие о механизме этих реакций. Химические свойства хинолинов.

## **Раздел 10. СТЕРЕОХИМИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

**Содержание.** Изображение тетраэдрического атома углерода в проекции на плоскости. Клиновидные проекции, «лесопильные козлы», проекции Ньюмена. Конформации, конформеры. Заслоненная, заторможенная, скошенная конформации.

Молекулы, не имеющие элементов симметрии. Связь с гибридизацией углерода. Асимметрические центры. Энантиомеры. Рацематы. Рацемизация. Хиральность. Поляризация света. Различия в свойствах энантиомеров. Измерение угла оптического вращения. Формулы Фишера. Правила обращения с формулами Фишера. Абсолютная конфигурация. R,S-номенклатура Кана-Ингольда-Прелога. Определение порядка старшинства заместителей у асимметрического атома углерода. Случай нескольких асимметрических атомов. Диастереомерные и энантиомерные пары на примере винных кислот. Мезо-формы.

## **Раздел 11. ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

### **Тема 11.1. Гидроксикислоты**

**Содержание.**  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -гидроксикислоты. Способы получения: из галогенозамещенных кислот (гидролиз), из карбонильных соединений через гидросинитрилы ( $\alpha$ -гидроксикислоты). Получение  $\beta$ -гидроксикислот по реакции Реформатского.



Физические и химические свойства. Особенности свойств  $\alpha$ -,  $\beta$ -, и  $\gamma$ -гидроксикислот. Лактиды. Лактоны. Молочная кислота. Винные кислоты. Стереоизомерия молочных и винных кислот.

### **Тема 11.2. Аминокислоты, пептиды и белки**

**Содержание.**  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -аминокислоты. Конфигурация природных L-аминокислот. Амфотерность, изоэлектрическая точка. Электрофорез.

Химические свойства -COOH и -NH<sub>2</sub> групп. Хелаты. Бетаины. Поведение при нагревании (с оксикислотами). Синтез сложных эфиров и N-ацилирование – путь к пептидному синтезу

Важнейшие способы синтеза аминокислот: из галогенкарбоновых кислот, синтез Штрекера, алкилирование анионов СН-кислот, энантиоселективный синтез.

Белки. Четыре уровня организации нативных белков.

### **Тема 11.3. Углеводы**

**Содержание.** Классификация углеводов: по количеству атомов С; по наличию С=О или СНО групп; по количеству циклических фрагментов. Альдозы и кетозы. Стереохимия альдоз и кетоз в проекциях Фишера. Циклические полуацетали альдогексоз: глюкопиранозы и глюкофуранозы,  $\alpha$ - и  $\beta$ -аномеры. Формулы Хеуорса для аномерных моносахаридов. Стереохимия.

Кольчато-цепная таутомерия углеводов. Эпимеры, аномеры, мутаротация. Химические свойства глюкозы как альдегидспирта: D-фруктоза как представитель кетоз. Дисахариды. Мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза. Восстанавливающие и невосстанавливающие сахара. Полисахариды - крахмал, гликоген, целлюлоза, нитроцеллюлоза. Вискозное волокно, производство бумаги.

## **Раздел 12. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**Содержание.** Инфракрасная спектроскопия. Природа ИК-спектров, способы их изображения, характеристические частоты поглощения.

Электронная спектроскопия. Природа спектров, типы электронных переходов, понятие о хромофорных группировках, способ изображения УФ спектров. Спектры протонного магнитного резонанса. Природа, основные характеристики: химический сдвиг, интенсивность, мультиплетность сигналов протонов; спин-спиновое взаимодействие.

Масс-спектрометрия. Основные принципы, молекулярный ион, изотопный состав ионов, основные пути фрагментации важнейших классов органических соединений.

## **Содержание лабораторных занятий по дисциплине**

### **Раздел 1. Введение. Основные понятия. Методы выделения и очистки органических веществ.**

**Содержание.** Простая перегонка при атмосферном давлении. Перегонка смеси при атмосферном давлении. Перекристаллизация. Экстракция жидкостей. Экстракция твердых веществ. Определение основных физико-химических показателей органических веществ (температура плавления, показатель преломления).

### **Раздел 2. Углеводороды.**

#### **Тема 2.1-2.6**

**Содержание.** Получение и химические свойства ациклических углеводородов. Сульфирование толуола.

### **Раздел 3. Галогенопроизводные углеводородов**

#### **Тема 3.1-3.2**

**Содержание.** Получение и химические свойства галогенопроизводных. Синтез бромистого бутила.

**Раздел 4. Гидроксилсодержащие производные.****Тема 4.1-4.2**

**Содержание.** Получение и химические свойства спиртов и фенолов. Синтез дибутилового эфира

**Раздел 5. Простые эфиры**

**Содержание.** Получение и химические свойства простых эфиров. Синтез дибутилового эфира

**Раздел 6. Азотсодержащие производные.****Тема 6.1-6.3.**

**Содержание.** Получение и химические свойства азотсодержащих органических соединений. Синтез п-нитроанилинового красного. Синтез  $\beta$ -нафтолоранжа

**Раздел 7. Карбонильные соединения****Тема 7.1- 7.3.**

**Содержание.** Получение и химические свойства альдегидов и кетонов. Синтез масляного альдегида. Синтез бензилового спирта

**Раздел 8. Карбоновые кислоты****Тема 8.1- 8.3.**

**Содержание.** Получение и химические свойства карбоновых кислот. Синтез бензойной кислоты.

**Раздел 9. Гетероциклические соединения****Тема 9.1- 9.2.**

**Содержание.** Получение и химические свойства пятичленных и шестичленных гетероциклов. Синтез фурфурола

**Раздел 11. Гетерофункциональные соединения****Тема 11.1- 11.4.**

**Содержание.** Получение и химические свойства гетерофункциональных соединений: гидроксикислот, аминокислот, углеводов. Качественные реакции аминокислот и белковых молекул, крахмала. Гидролиз пентозанов.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **5.1. Текущий контроль успеваемости**

Текущий контроль осуществляется по результатам проведения следующих контрольных мероприятий:

№	Контролируемый раздел дисциплины	Наименование оценочного средства	Период проведения
Семестр 3			
4.1	Алканы	Тест	ПК 1
4.2-4.3	Алкены и Диены	Тест	
4.4	Алкины	Тест	ПК 2



4.1-4.4	Ациклические углеводороды	Контрольная работа	
4.6	Ароматические углеводороды	Коллоквиум	
5	Галогенпроизводные	Тест	РК 3
6	Гидроксилсодержащие производные	Контрольная работа Коллоквиум	
Семестр 4			
8	Азотсодержащие производные	Контрольная работа	РК 1
10	Карбонильные соединения	Тест Коллоквиум	РК 2
11	Карбоновые кислоты	Тест 6 Контрольная работа	РК 3
12	Гетерофункциональные производные	Тест 7 Контрольная работа	

## 5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

Вопросы для подготовки к экзамену (3 семестр)

1. Гомологический ряд алканов. Строение и общая характеристика свойств. Механизм реакций замещения: галогенирование, нитрование.
2. Гомологический ряд алкенов. Строение и общая характеристика свойств. Механизм электрофильного присоединения.
3. Направление присоединения кислот к несимметричным алкенам (правило Марковникова и его современное объяснение). Строение, относительная устойчивость и реакционная способность карбокатионов. Перекисный эффект Караша и его объяснение.
4. Реакции высокотемпературного галогенирования алкенов. Строение и относительная устойчивость радикалов аллильного типа.
5. Окисление и озонолиз алкенов.
6. Мономеры, олигомеры, полимеры. Полимеризация и сополимеризация алкенов и диенов. Понятие о натуральном и синтетическом каучуках.
7. Строение сопряженных диенов. Механизм 1,2- и 1,4-присоединения к диеновым углеводородам. Зависимость направления присоединения от температуры.
8. Гомологический ряд алкинов. Строение и общая характеристика свойств. Реакции присоединения водорода, галогенов, галогеноводородов, кислот и HCN.
9. Строение и причина кислых свойств алкинов с концевой тройной связью. Получение ацетиленидов. Присоединение спиртов и воды.
10. Алициклические углеводороды. Современные представления о строении циклоалканов. Конформации циклогексана.
11. Химические свойства циклоалканов: гидрирование, галогенирование, гидрогалогенирование. Связь между строением и реакционной способностью циклоалканов.
12. Строение бензола и общая характеристика свойств ароматических углеводородов. Механизм электрофильного замещения. Характеристика  $\pi$  и  $\sigma$  комплексов.
13. Реакции галогенирования, нитрования, сульфирования, алкилирования и ацилирования бензола. Способы генерирования электрофильной частицы в реакционной среде.
14. Влияние заместителей на направление и скорость электрофильного замещения в ароматических соединениях; активирующие и дезактивирующие о-, п- ориентанты.
15. Влияние заместителей на направление и скорость электрофильного замещения в ароматических соединениях; дезактивирующие м- ориентанты.
16. Дизамещенные бензолы: согласованная и несогласованная ориентация.

17. Механизм замещения галогена в первичных галогеналканах. Влияние различных факторов на скорость реакции.
18. Механизм замещения галогена в третичных галогеналканах. Влияние различных факторов на скорость реакции.
19. Получение из галогеналканов: спиртов, простых и сложных эфиров, нитритов, нитрилов, аминов. Реакции галогеналканов с металлами (Na, Mg).
20. Причина и механизм (E2 и E1) реакций элиминирования галогеналканов.
21. Строение и реакционная способность аллилгалогенидов и винилгалогенидов в реакциях нуклеофильного замещения.
22. Галогенпроизводные ароматических углеводородов. Причина инертности хлорбензола в реакциях нуклеофильного замещения. Механизм замещения галогена в неактивированных соединениях.
23. Причина инертности ароматических галогенпроизводных в реакциях нуклеофильного замещения. Механизм замещения галогена в активированных соединениях.
24. Хлористый бензил. Его строение и реакционная способность в реакциях нуклеофильного замещения. Замена галогена на различные группы (примеры реакций).
25. Получение магнийорганических соединений (реактивы Гриньяра). Их строение и свойства: взаимодействие с ацетиленовыми углеводородами с концевой тройной связью, спиртами, кислотами, карбонильными соединениями, диоксидом углерода.
26. Строение одноатомных спиртов. Спирты как ассоциированные жидкости. Причина кислотности спиртов. Реакции образования алкоголятов.
27. Нуклеофильность и основность спиртов и алкоголят-анионов. Особенности SN<sub>2</sub> реакций спиртов.
28. Нуклеофильность и основность спиртов и алкоголят-анионов. Особенности SN<sub>1</sub> реакций спиртов.
29. Химические свойства спиртов: реакции с галогеноводородными кислотами, PCl<sub>5</sub>, внутри- и межмолекулярная дегидратация, ацилирование и окисление.
30. Одноатомные фенолы. Причина кислых свойств фенолов. Электрофильное замещение в ядро фенолов.

#### Вопросы для подготовки к экзамену (4 семестр)

1. Получение симметричных и несимметричных простых эфиров (планирование синтеза Вильямсона). Химические свойства простых эфиров: основность, образование оксониевых комплексов, расщепление.
2. Строение нитрогруппы. Таутомерные превращения нитроалканов. Подвижность водорода при  $\alpha$ -углеродном атоме.
3. Нитробензол. Восстановление в кислой и щелочной среде.
4. Строение аминов: гибридизация атома азота, конфигурация молекулы амина, межмолекулярные водородные связи. Связь между строением и основностью амина.
5. Реакции аминов с кислотами, алкилирование и ацилирование аминов. Реакции с азотистой кислотой. Реакции ароматических аминов с альдегидами.
6. Дазосоединения: строение и получение. Реакции с выделением и без выделения азота.
7. Строение карбонильной группы. Химические свойства алифатических карбонильных соединений: присоединение спиртов, гидросульфита натрия, синильной кислоты, пятихлористого фосфора, реактивов Гриньяра.
8. Реакции альдегидов и кетонов с аммиаком и его производными: гидразином, гидроксиламином, фенилгидразином.
9. Причина реакционной способности водорода у  $\alpha$ -углеродного атома. Кето-енольная таутомерия. Механизм альдольно-кетоновой конденсации.
10. Окисление и восстановление альдегидов и кетонов. Реакция Канниццаро.
11. Строение и особенности химических свойств  $\alpha,\beta$ -непредельных альдегидов и кетонов (реакции электрофильного и нуклеофильного присоединения).



12. Реакционная способность ароматических альдегидов и кетонов в реакциях нуклеофильного присоединения (реакция с синильной кислотой и гидросульфитом натрия). Окисление и восстановление.
13. Реакции конденсации ароматических альдегидов и кетонов: конденсация с алифатическими альдегидами и кетонами, реакция Перкина, перекрестная реакция Канниццаро. Их механизмы.
14. Строение карбоксильной группы и карбоксилат-аниона. Кислотные свойства одноосновных карбоновых кислот. Реакции кислот с металлами, щелочами, карбонатами, реактивами Гриньяра.
15. Реакция этерификации, ее механизм. Декарбоксилирование и восстановление кислот.
16. Получение производных кислот: солей, амидов, нитрилов, ангидридов и галогенангидридов, сложных эфиров. Гидролиз производных кислот. Реакционная способность производных в реакциях нуклеофильного присоединения.
17. Особенности химических свойств  $\alpha,\beta$ -непредельных кислот. Акриловая и метакриловая кислоты, акрилонитрил.
18. Особенности физических и химических свойств двухосновных кислот. Кислотность. Реакции декарбоксилирования.
19. Малоновый эфир и синтезы на его основе.
20. Кислотные свойства ароматических карбоновых кислот. Влияние природы и расположения заместителей на силу кислот.
21. Фуран, тиофен, пирразол: строение, ароматичность, ацидофобность.
22. Особенности электрофильного замещения в пятичленных гетероциклах.
23. Конденсированные системы с пятичленными гетероциклами
24. Строение пиридина и его реакционная способность.
25. Направление реакций электрофильного замещения в пиридине.
26. Направление реакций нуклеофильного замещения в пиридине.
27. Конденсированные системы с шестичленными гетероциклами.
28. Оптическая активность органических соединений, асимметрический атом углерода.
29. Проекционные формулы Фишера.
30. Стереоиomerия соединений с двумя асимметрическими атомами углерода.
31. Гидроксикислоты: особенности химических свойств  $\alpha,\beta,\gamma$ - гидроксикислот.
32. Aминокислоты: особенности физических и химических свойств  $\alpha,\beta,\gamma$ - аминокислот. Биполярный ион.
33. Углеводы: классификация, строение, конфигурация.
34. Моносахариды: глюкоза и фруктоза.
35. Химические свойства углеводов: восстановление, окисление, реакции с синильной кислотой.
36. Алкилирование, ацилирование углеводов,
37. Взаимодействие углеводов с производными аммиака (гидроксиламином, фенилгидразином).
38. Дисахариды: лактоза, мальтоза, целлобиоза, сахароза. Строение, свойства и распространение в природе.
39. Полисахариды: крахмал. Строение, свойства и распространение в природе.
40. Полисахариды: целлюлоза. Строение, свойства

### 5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Самостоятельная работа – важнейшая составляющая образовательного процесса, определяющая в конечном итоге степень усвоения студентом теоретического материала. В процессе освоения курса Органическая химия самостоятельная работа заключается в следующем:

1. Подготовка к лекциям с использованием конспектов и рекомендованной литературы.
2. Подготовка к лабораторным занятиям и оформление отчетов по лабораторным работам с использованием рекомендованной литературы (учебного пособия для выполнения

- лабораторных работ).
3. Подготовка к текущему контролю (решение задач). Варианты заданий представлены в рекомендованных сборниках задач.
  4. Изучение некоторых разделов дисциплины, которые в лекционном курсе не рассмотрены или рассмотрены недостаточно полно. При этом используется рекомендованная литература.
  5. Подготовка к промежуточному контролю с использованием рекомендованной литературы, конспектов лекций, отчетов по лабораторным работам и согласно перечню вопросов для проведения промежуточного контроля.

### Вопросы для самостоятельной работы

#### 1. **ВВЕДЕНИЕ**

Роль органической химии в развитии народного хозяйства России.

#### 2. **УГЛЕВОДОРОДЫ**

##### 2.1. Алканы

1. Номенклатура: рациональная.
2. Природные источники алканов: нефть, природный газ.
3. Применение: использование алканов в органическом синтезе. Насыщенные углеводороды как топливо.

##### 2.2. Алкены

1. Номенклатура рациональная.
2. Физические свойства.
3. Олигомеры. Значение полимерных материалов для народного хозяйства. Применение алкенов в органическом синтезе.

##### 2.3. Алкадиены

1. Физические свойства.
2. Понятие о натуральном и синтетическом каучуках.

##### 2.4. Алкины (ацетиленовые углеводороды)

1. Номенклатура рациональная.
2. Физические свойства.
3. Сравнение реакционной способности алкинов и алкенов в реакциях присоединения.
4. Промышленные синтезы на основе ацетилена.

##### 2.5. Алициклические углеводороды

1. Цис-транс- и оптическая изомерия алициклических соединений.
2. Физические свойства.
3. Взаимные превращения циклов.

##### 2.6. Ароматические углеводороды

1. Развитие представлений о строении бензола. Физические свойства.

##### **Полиядерные ароматические соединения:**

2. Бифенил. Получение. Свойства. Бензидин, бензидиновая перегруппировка. Трифенилметан, трифенилхлорметан, трифенилкарбинол. Получение, свойства. Понятие об устойчивых триарилметильных радикалах и ионах.
3. Нафталин. Получение в технике. Строение. Ароматичность. Энергия сопряжения. Изомерия. Номенклатура замещённых нафталина.
4. Физические свойства.
5. Химические свойства. Реакции присоединения: водорода, хлора, брома. Отношение к действию окислителей. Реакции электрофильного замещения: галогенирование, нитрование, сульфирование, ацилирование. Механизмы реакций, причины активности  $\alpha$ -положения. Сульфирование нафталина, значение этой реакции для получения  $\beta$ -производных нафталина.  $\alpha$ - и  $\beta$ -Нафтолы, способы получения, свойства.
6. Антрацен и фенантрен. Строение, ароматичность, свойства. Высшие полициклические углеводороды. Понятие о канцерогенных соединениях.



### **3. ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ**

#### **3.1. Галогеналканы**

1. Физические свойства и спектральные характеристики.

##### **Полигалогеналканы:**

2. Классификация. Геминальные и вицинальные дигалогеналканы, галоформы. Тетрахлорид углерода. Способы получения: из алканов, алкенов, карбонильных соединений. Химические свойства. Реакции нуклеофильного замещения и отщепления. Полигалогеналканы как растворители.

##### **Галогенопроизводные непредельных углеводородов:**

3. Фторзамещённые непредельных углеводородов. Особенности связей С – F. Способы получения монофторалканов, фторалкенов и перфторуглеродов. Фреоны. Фторопласт (тефлон).

#### **3.2. Галогенопроизводные ароматических углеводородов:**

1. Бензилиденхлорид, бензотрихлорид, их получение, свойства, применение.

### **4. ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ**

#### **4.1. Спирты**

##### **Одноатомные спирты:**

1. Номенклатура тривиальная, рациональная.
2. Промышленные способы получения метилового, этилового, изопропилового спиртов.
3. Метиловый, этиловый, пропиловый и бутиловый спирты, их применение в органическом синтезе.

#### **4.2. Фенолы. Хиноны**

1. Трёхатомные фенолы: пирогаллол, оксигидрохинон, флороглюцин. Особые свойства флороглюцина.

### **5. ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ. ЭПОКСИСОЕДИНЕНИЯ**

1. Тиоспирты (меркаптаны). Номенклатура.
2. Способы получения: из галогеналканов, из спиртов.
3. Физические свойства.
4. Химические свойства: кислотность, образование тиолятов (меркаптидов), присоединение к алкенам, окисление до дисульфидов и сульфокислот.

### **6. АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ**

#### **6.1. Нитросоединения**

1. Принцип ЖМКО. Получение нитросоединений окислением аминов.
2. Физические свойства.
3. Отличие свойств нитроалканов от эфиров азотистой кислоты (восстановление и гидролиз).
4. Нитрометан, получение, применение в технике.
5. Полинитросоединения.
6. Полинитросоединения ароматического ряда.

#### **6.2. Амины**

1. Понятие о диаминах, получение, свойства.

#### **6.3. Ароматические амины**

1. *p*-толуидин, *N*-метиланилин, *N,N*-диметиланилин, способы получения, применение.

### **7. КАРБОНИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

1. Физические свойства.
2. Муравьиный альдегид, получение в технике.
3. Уксусный альдегид, ацетон: методы получения, применение.
4. Кетены. Номенклатура. Способы получения кетена: из ацетона, из уксусной кисло-

ты. Строение кетена. Химические свойства: реакции с водой, спиртами, аминами, карбоновыми кислотами. Дикетен

5. Геометрическая изомерия оксимов альдегидов и кетонов. Перегруппировка Бекмана.

## 8. **КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ**

1. Высшие жирные кислоты: пальмитиновая, стеариновая, олеиновая. Получение и свойства.
2. Галогенозамещенные кислоты. Способы получения: из насыщенных карбоновых кислот и их производных (галогенирование), из ненасыщенных кислот (гидрогалогенирование). Физические и химические свойства. Зависимость химических свойств от взаимного расположения галогена и карбоксильной группы.
3. Сульфокислоты. Изомерия; номенклатура. Способы получения: реакция сульфирования, сульфорирующие реагенты. Условия и механизм. Реакция сульфохлорирования. Физические свойства. Химические свойства. Реакции с электрофильными и нуклеофильными реагентами (десульфирование, щелочное плавление, замещение на цианогруппу). Механизмы этих реакций.

## 9. **ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ**

### 9.1. **Пятичленные гетероциклы**

1. Пиррол, фуран, тиофен, ароматичность, их производные в природе. Методы синтеза пятичленных гетероциклов. Метод Пааля-Кнорра\*. Ацидофобность пиррола и фурана и электрофильное замещение в пирроле, фуране и тиофене. Ориентация электрофильного замещения. Особенности химических свойств пиррола: кислотность пиррола, алкилирование Li, Na, K и Mg производных. Особенности химических свойств фуранов: реакция с бромом, реакция Дильса-Альдера.
2. Конденсированные пятичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Индол. Производные индола в природе: триптофан, скатол, серотонин, гетероауксин. Индиго. Синтез индолов по Фишеру. Механизм. Сравнение свойств индола и пиррола. Ориентация электрофильного замещения в индоле.

### 9.2. **Шестичленные гетероциклы**

1. Пиридин: ароматичность, основность. Производные пиридина в природе: витамины, никотин, NADP. Химические свойства пиридина: основность, алкилирование, реакции электрофильного замещения, N-окись пиридина, получение и использование в синтезе. Особенности химических свойств метилпиридинов и винилпиридинов. Нуклеофильное замещение в 2-, 3-, и 4-хлорпиридинах. Нуклеофильное замещение гидрид-иона на аминогруппу под действием амида натрия (реакция Чичибабина).
2. Конденсированные шестичленные гетероциклы с одним гетероатомом. Хинолин. Синтезы Скраупа и Дебнера-Миллера. Понятие о механизме этих реакций. Химические свойства хинолинов.

## 10. **СТЕРЕОХИМИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

1. Изображение тетраэдрического атома углерода в проекции на плоскости. Клиновидные проекции, «лесопильные козлы», проекции Ньюмена. Конформации, конформеры. Заторможенная, заторможенная, скошенная конформации.
2. Молекулы, не имеющие элементов симметрии. Связь с гибридизацией углерода.
3. Асимметрические центры.
4. Энантиомеры. Рацематы. Рацемизация. Хиральность. Поляризация света. Различия в свойствах энантиомеров. Измерение угла оптического вращения\*.
5. Формулы Фишера. Правила обращения с формулами Фишера.
6. Абсолютная конфигурация. R,S-номенклатура Кана-Ингольда-Прелога. Определение порядка старшинства заместителей у асимметрического атома углерода.
7. Случай нескольких асимметрических атомов. Диастереомерные и энантиомерные пары на примере винных кислот. Мезо-формы.



## **11. ГЕТЕРОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

### **11.1. Гидроксикислоты**

1.  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -гидроксикислоты. Способы получения: из галогенозамещённых кислот (гидролиз), из карбонильных соединений через гидроксинитрилы ( $\alpha$ -гидроксикислоты). Получение  $\beta$ -гидроксикислот по реакции Реформатского.
2. Физические и химические свойства. Особенности свойств  $\alpha$ -,  $\beta$ -, и  $\gamma$ -гидроксикислот. Лактиды. Лактоны. Молочная кислота. Винные кислоты. Стереоизомерия молочных и винных кислот.

### **11.2. Аминокислоты, пептиды и белки**

1.  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -аминокислоты. Конфигурация природных L-аминокислот. Амфотерность, изоэлектрическая точка. Электрофорез.
2. Химические свойства -COOH и -NH<sub>2</sub> групп. Хелаты. Бетаины. Поведение при нагревании (ср. с оксикислотами). Синтез сложных эфиров и N-ацилирование – путь к пептидному синтезу
3. Важнейшие способы синтеза аминокислот: из галогенкарбоновых кислот, синтез Штрекера, алкилирование анионов СН-кислот, энантиоселективный синтез.
4. Белки. Четыре уровня организации нативных белков.

### **11.3. Оксокислоты**

Свойства ацетоуксусного эфира (АУЭ). Таутомерия. Влияние растворителей на положение равновесия. Синтезы с использованием АУЭ. Кетонное и кислотное расщепление. АУЭ. Дианион АУЭ и его раздельное алкилирование.

### **11.4. Углеводы**

1. Классификация углеводов: по количеству атомов С; по наличию С=О или СНО групп; по количеству циклических фрагментов. Альдозы и кетозы. Стереохимия альдоз и кетоз в проекциях Фишера. Циклические полуацетали альдогексоз: глюкопиранозы и глюкофуранозы,  $\alpha$ - и  $\beta$ -аномеры. Формулы Хеуорса для аномерных моносахаридов. Стереохимия.
2. Кольчато-цепная таутомерия углеводов. Эпимеры, аномеры, мутаротация.
3. Химические свойства глюкозы как альдегидспирта:
4. D-фруктоза как представитель кетоз.
5. Дисахариды. Мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза. Восстанавливающие и невосстанавливающие сахара.
6. Полисахариды - крахмал, гликоген, целлюлоза, нитроцеллюлоза. Вискозное волокно, производство бумаги.

## **12. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

1. Инфракрасная спектроскопия. Природа ИК-спектров, способы их изображения, характеристические частоты поглощения.
2. Электронная спектроскопия. Природа спектров, типы электронных переходов, понятие о хромофорных группировках, способ изображения УФ спектров. Спектры протонного магнитного резонанса. Природа, основные характеристики: химический сдвиг, интенсивность, мультиплетность сигналов протонов; спин-спиновое взаимодействие.
3. Масс-спектрометрия. Основные принципы, молекулярный ион, изотопный состав ионов, основные пути фрагментации важнейших классов органических соединений.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Наличие в электронном каталоге ЭБС	
Основная литература			
1. Зурабян, С. Э. Органическая химия : учебник / С. Э. Зурабян, А. П. Лузин ; под ред. Н. А. Тюкавкиной. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2019. - 384 с. : ил. - 384 с. - ISBN 978-5-9704-5296-7.	2019	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970452967.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970452967.html</a>	
2. Карлов, С. С. Задачи по общему курсу органической химии с решениями для бакалавров : учебное пособие / Карлов С. С. , Нуриев В. Н. , Теренин В. И. , Зайцева Г. С. - 3-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 496 с.	2020	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001018940.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001018940.html</a>	
3. Ермолаева, Елена Вадимовна. Контрольные задания по органической химии / Е. В. Ермолаева, И. С. Акчурина, Л. А. Дуденкова ; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра полимерных материалов. — Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2009. — 44 с.	2009	<a href="http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1327/3/0971.pdf">http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1327/3/0971.pdf</a>	
4. Ермолаева, Елена Вадимовна. Основы синтезов органических соединений : учебное пособие / Е. В. Ермолаева, И. С. Акчурина, Е. С. Ильина ; Владимирский государственный университет (ВлГУ). — Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010. — 104 с. : ил., табл.	2010	<a href="http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1860/3/0739.pdf">http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1860/3/0739.pdf</a>	
Дополнительная литература			
1. Травень, В. Ф. Органическая химия. В 3 т. Т. I : учебное пособие для вузов / Травень В. Ф. - 7-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 401 с.	2020	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001017462.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001017462.html</a>	
2. Травень, В. Ф. Органическая химия. В 3 т. Т. II : учебное пособие для вузов / Травень В. Ф. - 7-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 550 с. - Режим доступа : по подписке.	2020	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001017479.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001017479.html</a>	
3. Травень, В. Ф. Органическая химия. В 3 т. Т. III : учебное пособие для вузов / Травень В. Ф. - 7-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 391 с. Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". (Учебник для высшей школы) - ISBN 978-5-00101-748-6.	2020	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001017486.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001017486.html</a>	
4. Травень, В. Ф. Задачи по органической химии : учебное пособие / Травень В. Ф. , Сухоруков А. Ю. , Пожарская Н. А. - 2-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 267 с.	2020	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001018957.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001018957.html</a>	
5. Степанов, М. Б. Решение типовых задач по органической химии для различных классов соединений : метод. указания / М. Б. Степанов, Л. А. Хмарцева, Е. А. Якушева, Е. В. Быстрицкая, А. М. Голубев. - Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. - 69 с. - ISBN 978-5-7038-3688-0	2013	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703836880.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703836880.html</a>	



### **6.2. Периодические издания**

1. Журнал органической химии. СПб.: Наука. ISSN (PRINT): 0514-7492. Импакт-фактор (РИНЦ): 0,848

### **6.3. Интернет-ресурсы**

1. <https://www.chem21.info/info/1920487/>
2. <https://wiki2.org/ru>

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, оснащенные мультимедийным оборудованием. Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории органической химии.

Лаборатория органической химии оснащена следующим оборудованием: шкаф вытяжной; шкаф сушильный ШС-80-01 СПУ; рефрактометр ИРФ-454 Б2М; весы; аналитические SCL 150; прибор вакуумного фильтрования ПВФ 35-НБ; колбагреватели LOIP LH-250; баня масляно-песчаная электрическая; баня для горячего фильтрования; термостат LW-4; гомогенизатор MPW-324; устройство просушивания химической посуды ЭКРОС 2000; комплект химической посуды и реактивы.

Перечень имеющегося лицензионного программного обеспечения: Windows 7; Microsoft Open License 62857078; MS Office 2010 Microsoft Open License 65902316

Рабочую программу составил Ермолаева Е.В., доцент

(ФИО, должность, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) ген.директор ООО «ЭластПУ» Романов С.В.

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химических технологий

Протокол № 10 от 21.06.2021 года

Заведующий кафедрой ХТ Панов Ю.Т.

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 04.03.01 Химия

Протокол № 10 от 25.06.2021 года

Председатель комиссии Кухтин Б.А., зав.кафедрой химии

(ФИО, должность, подпись)



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Панов Ю.Т.

Рабочая программа одобрена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Панов Ю.Т.

Рабочая программа одобрена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Панов Ю.Т.

**ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

в рабочую программу дисциплины *Органическая химия*  
образовательной программы направления подготовки 04.03.01. *Химия*

Направленность: Химический анализ, химическая и экологическая экспертиза объектов окружающей среды (*бакалавриат*)

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Панов Ю.Т.

*Подпись*

*ФИО*