

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Лельчицкий Игорь Давыдович  
Должность: и.о. проректора по образовательной деятельности  
Дата подписания: 18.06.2026 16:42:07  
Уникальный программный ключ:  
aa5b5ee17d97a2e4d94e98e995320af94f043ce2

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель ООП  
Феофанова М.А.

"28" мая 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

## **Органическая химия**

Закреплена за кафедрой: **Органической химии**

Направление подготовки: **04.03.01 Химия**

Направленность (профиль): **Экспертная и медицинская химия**

Квалификация: **Бакалавр**

Форма обучения: **очная**

Семестр: **4,5**

Программу составил(и):

*канд. хим. наук, доц., Темникова Светлана Анатольевна*

Тверь, 2026

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели освоения дисциплины (модуля):

Цель изучения дисциплины «Органическая химия» заключается в познании общих законов, связывающих строение и свойства органических соединений, путей синтеза различных классов органических веществ, механизмов химических процессов, а также возможностей использования органических соединений в различных отраслях народного хозяйства.

### Задачи:

- изучение классификации, номенклатуры и изомерии органических соединений;
- рассмотрение строения органических соединений и химических свойств важнейших классов органических веществ;
- изучение важнейших промышленных и лабораторных способов получения органических соединений;
- овладение основными методами и приёмами экспериментальной работы, навыками сборки простейших приборов для очистки и синтеза органических веществ;
- формирование у студентов основ профессионального мышления и безопасной работы при синтезе и анализе органических соединений.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.О

### Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Неорганическая химия

Информатика

Физика

Аналитическая химия

**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**

Введение в физическую химию полимеров и экспертная химия

Физико-химические методы исследования структуры органических соединений

Химия поверхностно-активных веществ

Научно-исследовательская работа

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>Общая трудоемкость</b>	18 ЗЕТ
Часов по учебному плану	648
<b>в том числе:</b>	
аудиторные занятия	367
самостоятельная работа	74
часов на контроль	27

## 4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ОПК-1.3: Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности

Уровень 1 особенности состава, строения и свойств основных классов органических соединений; важнейшие промышленные и лабораторные методы получения основных классов органических

веществ; правила номенклатуры (ИЮПАК, рациональной) органических соединений; механизмы реакций замещения, присоединения, элиминирования.

Уровень 1 различать и называть органические соединения; прогнозировать свойства органических соединений в зависимости от строения молекул; с помощью уравнений реакций описывать способы получения органических соединений и их химические свойства; решать задачи и упражнения по генетической связи между различными классами органических соединений.

Уровень 1 основами теории органической химии.

ОПК-2.1: Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности

Уровень 1 правила безопасной работы в химической лаборатории.

Уровень 1 применять безопасные приемы при работе с органическими реактивами и химическими приборами.

Уровень 1 способами безопасного обращения с химическими реагентами с учетом их физических и химических свойств.

ОПК-2.2: Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик

Уровень 1 основные методы и приёмы экспериментальной работы; названия и назначение химической посуды и оборудования для проведения синтетических работ.

Уровень 1 применять способы выделения вещества; методы качественного и количественного анализа для установления структуры вещества.

Уровень 1 навыками сборки простейших химических приборов для очистки и синтеза органических соединений.

ОПК-6.1: Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке

Уровень 1 Правила составления отчетной документации.

Уровень 1 Составлять отчет о выполненной работе и полученных результатах в форме тезисов, докладов.

Уровень 1 Навыками составления отчетной документации.

## 5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	5
зачеты	4
курсовые работы	5

## 6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

## 7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. 1. Введение Основные понятия, методы, проблемы органической химии.					

1.1		Лек	4	6		
1.2		Лаб	4	40		
1.3		Ср	4	5		
	Раздел 2. 2. Предельные углеводороды.					
2.1		Лек	4	2		
2.2		Лаб	4	6		
2.3		Ср	4	5		
	Раздел 3. 3. Непредельные углеводороды. Алкены, алкадиены, алкины.					
3.1		Лек	4	8		
3.2		Лаб	4	26		
3.3		Ср	4	10		
	Раздел 4. 4. Ароматические углеводороды.					
4.1		Лек	4	6		
4.2		Лаб	4	22		
4.3		Ср	4	12		
	Раздел 5. 5. Галогенпроизводные углеводородов.					
5.1		Лек	4	6		
5.2		Лаб	4	16		
5.3		Ср	4	6		
	Раздел 6. 6. Металлоорганические соединения.					
6.1		Лек	4	2		
6.2		Лаб	4	4		
6.3		Ср	4	4		
	Раздел 7. 7. Гидроксильные производные углеводородов.					
7.1		Лек	4	4		

7.2		Лаб	4	26		
7.3		Ср	4	10		
	Раздел 8. 8. Простые эфиры.					
8.1		Лек	4	2		
8.2		Лаб	4	4		
8.3		Ср	4	2		
	Раздел 9. 9. Карбонильные соединения.					
9.1		Лек	5	9		
9.2		Лаб	5	40		
9.3		Ср	5	4		
	Раздел 10. 10. Карбоновые кислоты и их функциональные производные.					
10.1		Лек	5	14		
10.2		Лаб	5	42		
10.3		Ср	5	4		
	Раздел 11. 11. Гидрокси- и оксокислоты.					
11.1		Лек	5	4		
11.2		Лаб	5	8		
11.3		Ср	5	2		
	Раздел 12. 12. Углеводы.					
12.1		Лек	5	6		
12.2		Лаб	5	10		
12.3		Ср	5	2		
	Раздел 13. 13. Сульфокислоты и их производные.					
13.1		Лек	5	4		
13.2		Лаб	5	6		
13.3		Ср	5	2		

	Раздел 14. 13. Азотсодержащие органические соединения.					
14.1		Лек	5	12		
14.2		Лаб	5	24		
14.3		Ср	5	2		
	Раздел 15. 14. Гетероциклические соединения.					
15.1		Лек	5	2		
15.2		Лаб	5	6		
15.3		Ср	5	4		
15.4		Экзамен	5	27		

### Образовательные технологии

Образовательные технологии приведены в Приложении 1.

#### Список образовательных технологий

1	Информационные (цифровые) технологии
2	Активное слушание
3	Методы группового решения творческих задач (метод Дельфи, метод 6–6, метод развивающей кооперации, мозговой штурм (метод генерации идей), нетворкинг и т.д.)

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Оценочные материалы для проведения текущей аттестации приведены в Приложении 2

### 8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации приведены в Приложении 2

### 8.3. Требования к рейтинг-контролю

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

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### 9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	WinDjView

5	OpenOffice
6	Foxit Reader

### 9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	Репозиторий ТвГУ
2	ЭБС ТвГУ
3	ЭБС BOOK.ru
4	ЭБС «Лань»
5	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
6	ЭБС «ZNANIUM.COM»

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-407а	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, весы, холодильник, шкафы, рефрактометр, горелка, мойка, плитки электрические, столы, сушилка
5-310	Проектор Экран Компьютер (монитор, системный блок, клав., мышь) Доска - 1шт. Трибуна -1 шт. Комплект учебной мебели

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа дисциплины «Органическая химия»

### 1. Введение

Предмет органической химии и основные этапы её развития. Способы изображения молекул органических соединений, структурные и электронные формулы (Г. Льюис). Типы углеродного скелета, ациклические, циклические и гетероциклические соединения. Изомерия и её виды. Гомология. Основные функциональные группы. Классификация органических соединений.

Основы номенклатуры органических соединений. Изомерия органических соединений. Заместительная номенклатура, ИЮПАК. Названия основных классов органических соединений, сложных поли- и гетерофункциональных соединений.

Способы изображения пространственного строения молекул с  $sp^3$  гибридизованным углеродом: клиновидные проекции, "лесопильные козлы", проекции Ньюмена. Конформации, конформеры. Заслоненная (син перипланарная), заторможенная (анти перипланарная), скошенная (гош-) конформации.

Асимметрический атом углерода. Хиральность, условия, необходимые для возникновения хиральности. Конфигурация, отличие от конформации. Оптическая изомерия, оптическая активность. Энантиомеры. Рацематы.

Принцип R,S-номенклатуры. Определение порядка старшинства заместителей у хирального центра (правило Кана-Ингольда-Прелога). Абсолютная и относительная конфигурации. Проекционные формулы (Э. Фишер). Их построение, правила пользования ими (для соединений с одним асимметрическим атомом углерода). Способы разделения рацематов. Соединения с двумя хиральными центрами. Построение проекций Фишера. Диастереомеры. Мезо-формы. Эритро- и трео-номенклатура. Изображение молекулы данного соединения с помощью различных проекционных формул. Переход от одной проекционной формулы молекулы к другой. Представление об оптической изомерии соединений, не содержащих асимметрического атома углерода.

Геометрическая изомерия соединений с двойной связью. Цис-, транс-; E-, Z- и син-, анти- номенклатура.

Классификация реагентов и реакций. Электронные эффекты заместителей. Основные

положения теории строения органических соединений (А.М. Бутлеров), электронной теории, основные принципы квантовой органической химии.

Типы гибридизации атома углерода в органических соединениях, теория взаимного отталкивания электронных орбиталей.  $\sigma$  и  $\pi$  Связи атомов углерода, физические характеристики связей: длина, валентные углы, энергия, полярность, поляризуемость, дипольный момент, потенциал ионизации. Гомолитический и гетеролитический разрыв связи.

Классификация реагентов и реакций. Промежуточные частицы (интермедиаты): радикалы, карбокатионы, карбанионы, карбены, нитрены, арины и др. Электронное и пространственное строение промежуточных частиц. Электронные эффекты заместителей. Индуктивный и мезомерный эффекты и способы изображения этих эффектов. Примеры групп с +I, —I, +M и —M-эффектами. Эффект гиперконъюгации (сверхсопряжения). Влияние электронных эффектов заместителей на стабильность и реакционную способность органических соединений и промежуточных частиц. Резонансные структуры, правила их построения.

Кислоты и основания (И. Бренстед, Г. Льюис). Сопряженные кислоты и сопряженные основания. Кислотно-основные равновесия на примере спиртов, простых эфиров, карбоновых кислот, кетонов и аминов. Константа кислотности  $pK_a$ , константа основности  $pK_b$ . Влияние заместителей в молекуле на кислотность и основность органических соединений. Теория жестких и мягких кислот и оснований (ЖМКО).

## 2. Углеводороды

Алканы. Гомологический ряд, изомерия и номенклатура алканов. Природные источники алканов. Методы синтеза: гидрирование непредельных углеводородов, синтез через литийдиалкилкупраты, электролиз солей карбоновых кислот, восстановление карбонильных соединений, из галогеналканов (реакция Вюрца, протолиз реактивов Гриньяра). Природа C—C и C—H связей в алканах. Конформации этана, пропана, бутана и высших алканов. Энергетическая диаграмма конформационного состояния молекулы алкана.

Химические свойства: реакции галогенирования (хлорирование, бромирование, йодирование, фторирование). Энергетика цепных свободнорадикальных реакций галогенирования. Нитрование (М.И. Коновалов), сульфохлорирование и окисление. Селективность радикальных реакций и относительная стабильность алкильных радикалов. Термический и каталитический крекинг.

Циклоалканы. Классификация алициклов. Энергия напряжения циклоалканов и ее количественная оценка на основании сравнения теплот образования и теплот сгорания циклоалканов и соответствующих алканов. Типы напряжения в циклоалканах и подразделение циклов на малые, средние циклы и макроциклы. Строение циклопропана, циклобутана, циклопентана, циклогексана. Конформационный анализ циклогексана. Аксиальные и экваториальные связи в конформации "кресло" циклогексана.

Методы синтеза циклопропана, циклобутана и их производных. Особенности химических свойств соединений с трехчленным циклом. Синтез соединений ряда циклопентана и циклогексана. Синтез соединений со средним и большим размером цикла.

Алкены. Гомологический ряд, изомерия и номенклатура алкенов. Геометрическая изомерия (цис-, транс- и E-, Z-номенклатура). Природа двойной связи. Методы синтеза: элиминирование галогеноводорода из алкилгалогенидов, воды из спиртов, дегалогенирование виц-дигалогеналканов. Реакции Гофмана, Виттига, стереоселективное восстановление алкинов.

Химические свойства алкенов. Ряд стабильности алкенов, выведенный на основе теплот гидрирования. Гетерогенное и гомогенное гидрирование алкенов.

Электрофильное присоединение (АЕ). Общее представление о механизме реакций,  $\pi$  и  $\sigma$  комплексы, ониевые ионы. Стерео- и региоселективность. Правило В.В. Марковникова, индуктивный и мезомерный эффекты. Галогенирование: механизм, стереохимия. Процессы, сопутствующие АЕ-реакциям: сопряженное присоединение. Гидрогалогенирование, гидратация. Промышленный метод синтеза этанола и пропанола-2.

Гидроксимеркурирование. Регио- и стереоселективное присоединение гидридов бора. Региоспецифические гидроборирующие реагенты. Превращение борорганических соединений в алканы, спирты. Окисление алкенов до оксиранов (Н.А. Прилежаев) и до диолов по Вагнеру ( $\text{KMnO}_4$ ) и Криге ( $\text{OsO}_4$ ). Стереохимия гидроксирования алкенов. Озонолиз алкенов, окислительное и восстановительное расщепление озонидов. Исчерпывающее окисление алкенов.

Радикальные реакции: присоединение бромистого водорода по Харацу (механизм  $\text{AR}$ ) к алкенам и аллильное галогенирование по Циглеру.

Карбены — частицы с двухкоординированным атомом углерода. Методы генерирования карбенов и дигалогенкарбенов. Присоединение синглетных и триплетных карбенов к алкенам.

Алкадиены. Типы диенов. Изолированные, кумулированные и сопряженные диены. Изомерия и номенклатура. Методы синтеза 1,3-диенов: дегидрирование алканов, синтез Фаворского-Реппе, кросс-сочетание на металлокомплексных катализаторах.

Бутадиен-1,3, особенности строения. Химические свойства 1,3-диенов.

Галогенирование и гидрогалогенирование 1,3-диенов. Аллильный катион. 1,2- и 1,4-присоединение, термодинамический и кинетический контроль. Полимеризация диенов.

Натуральный и синтетический каучуки. Реакция Дильса-Альдера с алкенами и алкинами, стереохимия реакции и ее применение в органическом синтезе.

Алкины. Гомологический ряд, номенклатура и изомерия. Природа тройной связи. Методы синтеза алкинов с помощью реакций отщепления, алкилирования терминальных ацетиленов. Получение ацетилена пиролизом метана.

Химические свойства алкинов. Электрофильное присоединение к алкинам.

Сравнение реакционной способности алкинов и алкенов. Галогенирование, гидрогалогенирование, гидратация алкинов (М.Г. Кучеров), присоединение карбоновых кислот. Восстановление алкинов до цис- и транс-алкенов. Гидроборирование алкинов, синтез альдегидов и кетонов.  $\text{C-H}$ -кислотность ацетилена. Ацетилениды натрия и меди. Магнийорганические производные алкинов (Ж.И. Иоцич): их получение и использование в органическом синтезе.

Конденсация терминальных алкинов с кетонами и альдегидами (А.Е. Фаворский, В. Реппе).

Ароматические углеводороды. Концепция ароматичности. Ароматичность. Строение бензола. Формула Кекуле. Правило Хюккеля. Ароматические катионы и анионы. Конденсированные ароматические углеводороды: нафталин, фенантрен, антрацен, азулен и другие. Гетероциклические пяти- и шестичленные ароматические соединения (пиррол, фуран, тиофен, пиридин). Антиароматичность на примере циклобутадиена, циклопропенил-аниона, катиона циклопентадиенилия.

Получение ароматических углеводородов в промышленности — каталитический риформинг нефти, переработка коксового газа и каменноугольной смолы. Лабораторные методы синтеза: реакция Вюрца-Фиттига и другие реакции кросс-сочетания, алкилирование аренов по Фриделю-Крафтсу, восстановление жирноароматических кетонов (реакция Кижнера-Вольфа, реакция Клемменсена), протолиз арилмагнийгалогенидов.

Свойства аренов. Каталитическое гидрирование аренов, восстановление аренов по Бёрчу. Реакции замещения водорода в боковой цепи алкилбензолов на галоген. Окисление алкилбензолов до карбоновых кислот.

Реакции электрофильного замещения в ароматическом ряду. Классификация реакций ароматического электрофильного замещения. Общие представления о механизме реакций, кинетический изотопный эффект в реакциях электрофильного замещения водорода в бензольном кольце. Представление о  $\pi$  и  $\sigma$  комплексах. Структура переходного состояния. Аренииевые ионы в реакциях электрофильного замещения. Влияние природы заместителя на ориентацию и скорость реакции электрофильного замещения. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители. Согласованная и несогласованная ориентация двух или нескольких заместителей в ароматическом кольце.

Нитрование. Нитрующие агенты. Механизм реакции нитрования. Нитрование бензола и его замещенных. Нитрование нафталина, бифенила и других аренов. Получение

полинитросоединений.

Галогенирование. Галогенирующие агенты. Механизм реакции галогенирования аренов и их производных.

Сульфирование. Сульфлирующие агенты. Механизм реакции. Кинетический и термодинамический контроль в реакции сульфирования на примере нафталина.

Обратимость реакции сульфирования. Превращения сульфогруппы.

Алкилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Алкилирующие агенты. Механизм реакции. Побочные процессы — изомеризация алкилирующего агента и конечных продуктов. Синтез диарил- и триарилметанов.

Ацилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Ацилирующие агенты. Механизм реакции. Региоселективность ацилирования. Формилирование по Гаттерману-Коху и другие родственные реакции.

### 3. Галогенпроизводные углеводородов

Изомерия, номенклатура. Способы получения из спиртов, алканов, алкенов; замещением атома одного галогена атомом другого, хлорметилирование аренов.

Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода в алкилгалогенидах как метод создания связи углерод—углерод, углерод—азот, углерод—кислород, углерод—сера, углерод—фосфор (получение алкилгалогенидов, спиртов, тиолов, простых эфиров, нитросоединений, аминов, нитрилов, сложных эфиров и др.)

Классификация механизмов реакций нуклеофильного замещения. Основные характеристики SN1-, SN2-реакций. Энергетический профиль реакций.

Реакции SN2-типа. Кинетика, стереохимия, вальденовское обращение. Понятие о нуклеофильности. Влияние природы радикала и уходящей группы субстрата, природы нуклеофильного агента на скорость SN2-реакций. Принцип ЖМКО.

Метод межфазного переноса и его использование в органическом синтезе.

Реакции SN1-типа. Кинетика, стереохимия, зависимость SN1-процесса от природы радикала, уходящей группы, растворителя. Карбокатионы, факторы, определяющие их устойчивость.

Методы получения галогеналканов из алканов, алкенов, спиртов.

Реакции элиминирования. Реакции элиминирования,  $\alpha$  и  $\beta$  элиминирование. Классификация механизмов  $\beta$  элиминирования: E1, E2 и E1cb. Направление элиминирования. Правила Зайцева и Гофмана. Стереохимия элиминирования: анти-элиминирование. Влияние природы основания и уходящей группы на направление отщепления. Конкуренция процессов E2 и SN2, E1 и SN1. Факторы, влияющие на эту конкуренцию. Использование реакций  $\beta$  элиминирования в галогеналканах для синтеза алкенов, диенов и алкинов. Влияние конформационного положения функциональных групп в циклоалканах на их реакционную способность на примере реакций замещения, отщепления.

### 4. Металлоорганические соединения

Литий- и магнийорганические соединения. Методы синтеза: взаимодействие металла с алкил- или арилгалогенидами. Строение реактивов Гриньяра, равновесие с диалкилмагнием. Литий- и магнийорганические соединения в синтезе углеводородов, спиртов, альдегидов, кетонов, карбоновых кислот. Диалкил- и диарилкупраты. Получение и применение этих комплексных соединений для синтеза предельных углеводородов, диенов, несимметричных кетонов и в реакциях сопряженного присоединения к  $\alpha, \beta$  ненасыщенным карбонильным соединениям.

### 5. Гидроксипроизводные углеводородов

Одноатомные спирты. Гомологический ряд, классификация, изомерия и номенклатура. Методы получения: из алкенов, карбонильных соединений, галогеналканов, сложных эфиров и карбоновых кислот.

Свойства спиртов. Спирты, как слабые O—H-кислоты. Спирты как основания Льюиса. Замещение гидроксильной группы в спиртах на галоген (под действием

галогеноводородов, галогенидов фосфора, хлористого тионила). Механизмы SN1, SN2, и стереохимия замещения. Дегидратация спиртов. Окисление первичных спиртов до альдегидов и карбоновых кислот, вторичных спиртов до кетонов. Реагенты окисления на основе хромового ангидрида и диоксида марганца. Механизм окисления спиртов хромовым ангидридом.

Двухатомные спирты. Методы синтеза. Свойства: окисление, ацилирование, дегидратация. Окислительное расщепление 1,2-диолов (йодная кислота, тетраацетат свинца). Пинаколиновая перегруппировка.

Фенолы. Методы получения: щелочное плавление аренсульфонатов, замещение галогена на гидроксил, гидролиз солей арендиазония. Кумольный способ получения фенола в промышленности.

Свойства фенолов. Фенолы как O—H-кислоты. Сравнение кислотного характера фенолов и спиртов, влияние заместителей на кислотность фенолов. Образование простых и сложных эфиров фенолов. Реакции электрофильного замещения в ароматическом ядре фенолов: галогенирование, сульфирование, нитрование, нитрозирование, сочетание с солями диазония, алкилирование и ацилирование. Карбоксилирование фенолятов щелочных металлов по Кольбе. Формилирование фенолов по Реймеру-Тиману, механизм образования салицилового альдегида. Формилирование фенолов по Вильсмайеру. Перегруппировка аллиловых эфиров фенолов (Л. Кляйзен). Окисление фенолов, в том числе пространственно затрудненных. Понятие об ароксильных радикалах.

## 6. Простые эфиры

Простые эфиры. Методы получения: реакция Вильямсона, алкоксимеркурирование алкенов, межмолекулярная дегидратация спиртов.

Свойства простых эфиров: образование оксониевых солей, расщепление кислотами. Гидропероксиды. Получение и свойства  $\alpha$  галогенэфиров.

Краун-эфиры. Получение и применение в синтетической практике.

Оксираны. Способы получения. Раскрытие цикла под действием нуклеофильных агентов.

## 7. Карбонильные соединения

Изомерия и номенклатура. Методы получения альдегидов и кетонов из спиртов, производных карбоновых кислот, алкенов (озонолиз), на основе металлоорганических соединений. Ацилирование и формилирование ароматических соединений. Промышленное получение формальдегида, ацетальдегида (Вакер-процесс) и высших альдегидов (гидроформилирование).

Строение карбонильной группы, ее полярность и поляризуемость. Общие представления о механизме нуклеофильного присоединения по карбонильной группе альдегидов и кетонов.

Кислотный и основной катализ. Присоединение воды, спиртов, тиолов. Защита карбонильной группы. Получение бисульфитных производных и циангидринов. Взаимодействие альдегидов и кетонов с илами фосфора (Виттиг), как метод синтеза алкенов.

Взаимодействие альдегидов и кетонов с азотистыми основаниями. Получение иминов и енаминов. Оксимы, гидразоны, фенилгидразоны. Реакция Кижнера. Реакции альдегидов и кетонов с металлоорганическими соединениями. Синтез спиртов.

Химические свойства. Общие представления о механизме нуклеофильного присоединения по карбонильной группе альдегидов и кетонов.

Кето-енольная таутомерия. Енолизация альдегидов и кетонов в реакциях галогенирования, изотопного обмена водорода и рацемизации оптически активных кетонов. Кислотный и основной катализ этих реакций.

Кето-енольная таутомерия кетонов, 1,3 дикетонов и 1,3 кетоэфиров. Двойственная реакционная способность енолят-ионов. Интерпретация данных в рамках принципа ЖМКО.

Алкилирование и ацилирование енаминов.

Альдольно-кетоновая конденсация альдегидов и кетонов в кислой и щелочной

среде, механизм реакций. Направленная альдольная конденсация разноименных альдегидов с использованием литиевых, борных енолятов и кремниевых эфиров енолов. Конденсация альдегидов и кетонов с малоновым эфиром и другими соединениями с активной метиленовой группой. Аминометилирование альдегидов и кетонов (Манних). Бензоиновая конденсация.

Восстановление альдегидов и кетонов до спиртов, реагенты восстановления; восстановление С=О-группы до СН<sub>2</sub>-группы: реакции Кижнера-Вольфа и Клемменсена. Ион-радикальная димеризация альдегидов и кетонов. Диспропорционирование альдегидов по Канницаро (прямая и перекрестная реакции)

$\alpha,\beta$  Непредельные альдегиды и кетоны. Методы получения: конденсации, окисление аллиловых спиртов. Сопряжение карбонильной группы с двойной углерод-углеродной связью. Реакции 1,2- и 1,4-присоединения литийорганических соединений, диалкил- и диарилкупратов, аминов, цианистого водорода, галогеноводородов. Сопряженное присоединение енолятов и енаминов (Михаэль).

Восстановление  $\alpha,\beta$  непредельных карбонильных соединений.

Кетен. Получение и свойства.

Хиноны. Получение о- и п-бензо- и нафтохинонов. Свойства хинонов: получение моно- и диоксимов, присоединение хлористого водорода, анилина, уксусного ангидрида, спиртов, реакция с диенами.

Сопоставление свойств хинонов и  $\alpha,\beta$  непредельных кетонов. Восстановление хинонов. Хлоранил, его использование для окисления и получение. Хингидрон. Комплексы с переносом заряда (КПЗ). Семихиноны. Понятие об анион-радикалах. Гидрохинон как ингибитор свободнорадикальных реакций. Антрахинон: получение и применение. Ализарин.

## 8. Карбоновые кислоты и их производные

Классификация, номенклатура, изомерия. Методы синтеза: окисление первичных спиртов и альдегидов, алкенов, алкилбензолов; гидролиз нитрилов и других производных карбоновых кислот; синтез на основе металлоорганических соединений; синтезы на основе малонового и ацетоуксусного эфиров. Получение муравьиной и уксусной кислот.

Строение карбоксильной группы и карбоксилат-иона. Физико-химические свойства кислот: ассоциация, диссоциация. Кислотность, ее зависимость от индуктивных эффектов заместителей, от характера и положения заместителей в алкильной цепи и бензольном ядре.

Галогенирование кислот по Гелю-Фольгарду-Зелинскому. Пиролитическая кетонизация, электролиз солей карбоновых кислот по Кольбе.

Галогенангидриды. Получение с помощью галогенидов фосфора, тионилхлорида. Свойства: взаимодействие с нуклеофильными реагентами (вода, спирты, аммиак, амины, гидразин, металлоорганические соединения). Восстановление до альдегидов по Розенмунду и комплексными гидридами металлов.

Ангидриды. Методы получения: дегидратация кислот с помощью P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и фталевого ангидрида; ацилирование солей карбоновых кислот хлорангидридами. Реакции ангидридов кислот с нуклеофилами. Реакция Перкина.

Сложные эфиры. Методы получения: этерификация карбоновых кислот (механизм), ацилирование спиртов и их алкоголятов ацилгалогенидами и ангидридами, алкилирование карбоксилат-ионов, реакции кислот с диазометаном. Методы синтеза циклических сложных эфиров — лактонов. Реакции сложных эфиров: гидролиз (механизм кислотного и основного катализа), аммонолиз, переэтерификация; взаимодействие с магний- и литийорганическими соединениями, восстановление до спиртов комплексными гидридами металлов; сложноэфирная (Л. Кляйзен) и ацилоиновая конденсации.

Ацетоуксусный эфир и его использование в синтезе. Кето-енольная таутомерия эфиров 1,3 кетокислот и 1,3-дикетонов, амбидентный характер енолят-иона.

Амиды. Строение карбамоильной группы. Методы получения: ацилирование аммиака и аминов, пиролиз карбоксилатов аммония, перегруппировка оксимов по Бекману. Синтез циклических амидов — лактамов. Свойства: гидролиз, восстановление до аминов, дегидратация амидов. Понятие о секстетных перегруппировках. Перегруппировки А.

Гофмана, Т. Курциуса. Взаимодействие амидов с азотистой кислотой.

Нитрилы. Методы получения: дегидратация амидов кислот (с помощью  $P_2O_5$ ,  $SOCl_2$ ,  $POCl_3$ ), алкилирование цианид-иона. Свойства: гидролиз, аммонолиз, восстановление до аминов, взаимодействие с магнием- и литийорганическими соединениями.

Производные угольной кислоты: фосген, мочевины и ее производные, эфиры угольной кислоты, изоцианаты, уретаны, семикарбазид, ксантогенаты. Получение и основные свойства.

Двухосновные кислоты. Методы синтеза: окислительное расщепление циклоолефинов и циклических кетонов, окисление полиалкилбензолов. Главные представители: щавелевая кислота, диэтилоксалат в сложноэфирной конденсации. Малоновая кислота: синтезы с малоновым эфиром, реакция Михаэля, конденсации с альдегидами (Кнёвенагель). Янтарная кислота, ее ангидрид, имид, N-бромсукцинимид. Адипиновая кислота. Конденсация Дикмана. Ацилоиновая конденсация эфиров дикарбоновых кислот как метод синтеза средних и макроциклов.

Фталевая и терефталевая кислоты, промышленные методы получения. Фталевый ангидрид, фталимид и его использование в синтезе.

$\alpha, \beta$  Непредельные кислоты. Методы синтеза: дегидратация  $\beta$  оксикислот, реакция Кнёвенагеля, реакция Виттига, реакция Перкина, синтез коричных кислот.

Реакции присоединения по двойной  $C=C$  связи. Стереохимия присоединения галогена и гидроксирования по Вагнеру ( $KMnO_4$ ).

Фумаровая и малеиновая кислоты. Ацетилендикарбоновая кислота.

## 9. Гидрокси- и оксокислоты

Изомерия, номенклатура.

Способы получения: при восстановлении кетокислот; при окислении гликолей; через оксинитрилы.

Дегидратация  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  оксикислот. Лактиды и лактоны. Гликолевая, молочная и винная кислоты. Нахождение в природе. Свойства.

Оптическая изомерия — вид пространственной изомерии. Асимметрический атом углерода, структурные формулы, проекционные формулы Фишера. Стереохимия соединений с двумя асимметрическими атомами углерода. Антиподы (энантиомеры), рацематы, диастереомеры, мезоформы. Стереохимия молочных и винных кислот. Способы разделения рацематов. D,L-система. Принцип R,S-номенклатуры. Определение старшинства заместителей у асимметрического атома углерода. Конфигурация и знак вращения.

## 10. Углеводы

Моносахариды и полисахариды. Классификация и стереохимия моносахаридов. Альдозы (альдотреозы, альдопентозы, альдогексозы) и кетозы. Стереохимия альдоз и кетоз в проекциях Фишера. Циклические полуацетали альдогексоз — глюкопиранозы и глюкофуранозы.  $\alpha$  и  $\beta$  Аномеры. Формулы Хеурса для аномерных моносахаридов. Таутомерия циклических и открытых форм в растворах моносахаридов, мутаротация глюкозы. Конформации пиранозного цикла. Реакции моносахаридов. Получение гликозидов, как особой формы циклических ацеталей. Синтез простых и сложных эфиров моносахаридов. Окисление альдоз до альдоновых кислот, лактонизация альдоновых кислот. Исчерпывающее окисление моносахаридов иодной кислотой. Образование озазонов при взаимодействии с фенилгидразином. Синтез моносахаридов по Килиани-Фишеру и деградация по Волю-Руффу.

Дисахариды (биозы): мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза.

Полисахариды — целлюлоза и крахмал.

## 11. Сульфокислоты и их производные

Сульфлирующие реагенты. Обратимость и селективность сульфирования Аренев. Арилсульфокислоты и их соли в реакциях замещения с помощью электрофильных и нуклеофильных реагентов. Функциональные производные сульфокислот: хлорангидриды,

амиды, сложные эфиры; их синтез и превращения. Производные арилсульфокислот как сульфамидные препараты и биоразрушаемые детергенты.

## 12. Азотсодержащие органические соединения

Нитроалканы. Методы синтеза из алкилгалогенидов (амбидентный характер нитрит-иона), нитрование алканов по Коновалову. Строение нитрогруппы. Свойства нитроалканов: кислотность и таутомерия нитроалканов, галогенами, конденсация с карбонильными соединениями, восстановление в амины.

Ароматические нитросоединения. Восстановление нитроаренов в кислой и щелочной среде. Промежуточные продукты восстановления нитрогруппы (нитрозосоединения, арилгидроксиламины, азокси-, азо- и гидразосоединения). Бензидиновая перегруппировка.

Амины. Классификация, изомерия, номенклатура аминов. Методы получения: алкилирование аммиака и аминов по Гофману, из фталимида калия (по Габриэлю), восстановление азотсодержащих производных карбонильных соединений и карбоновых кислот, нитросоединений, алкилазидов. Перегруппировки Гофмана и Курциуса. Восстановительное аминирование карбонильных соединений.

Строение аминов, химические свойства. Амины как основания. Сравнение основных свойств первичных, вторичных, третичных алифатических и ароматических аминов. Влияние на основность аминов заместителей в ароматическом ядре. Алкилирование и ацилирование аминов. Термическое разложение гидроксидов тетраалкиламмония по Гофману. Идентификация и разделение первичных, вторичных и третичных аминов с помощью бензолсульфохлаорида (проба Гинсберга).

Взаимодействие первичных, вторичных и третичных алифатических и ароматических аминов с азотистой кислотой. Окисление третичных аминов. Реакции электрофильного замещения в бензольном ядре ароматических аминов, защита аминогруппы.

Диазосоединения. Общие представления об алифатических диазосоединениях. Диазометан, диазоуксусный эфир,  $\alpha$  диазокарбонильные соединения. Ароматические диазосоединения. Реакции диазотирования первичных ароматических аминов. Условия диазотирования в зависимости от строения амина. Механизм, природа нитрозирующего агента. Строение и устойчивость солей диазония.

Реакции диазосоединений с выделением азота: замена диазогруппы на гидроксил-, галоген-, циан-, нитрогруппу и водород.

Реакции диазосоединений без выделения азота: восстановление до арилгидразинов, азосочетание. Азосочетание как реакция электрофильного замещения. Азо- и диазосоставляющие, условия сочетания с аминами и фенолами. Азокрасители.

Аминокислоты. Номенклатура аминокислот. Природные аминокислоты. Хиральность аминокислот, образующих протеины. Кислотно-основные свойства, амфотерность аминокислот. Изоэлектрическая точка. Синтезы  $\alpha$  аминокислот и разделение рацемических форм.

Свойства аминокислот: по аминогруппе, карбоксилу, окисление аминокислот.

Номенклатура пептидов. Основные принципы синтеза полипептидов; защита аминогруппы и активация карбоксильной группы. Твердофазный синтез пептидов. Общие принципы определения строения пептидов и белков. Первичная, вторичная и третичная структура белков. Понятие о ферментах и ферментативном катализе.

Нуклеиновые кислоты. Нуклеиновые основания, нуклеозиды и нуклеотиды. Первичная структура ДНК и РНК. Нуклеотидный состав ДНК и РНК. Вторичная структура ДНК. Биологическая функция ДНК. Виды РНК и ее роль в синтезе белка.

## 13. Гетероциклические соединения

Классификация гетероциклов, номенклатура.

Пятичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом. Фуран, тиофен, пиррол. Синтез из 1,4-дикарбонильных соединений (Пааль-Кнорр), синтез пирролов по Кнорру. Ароматичность. Реакции электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах: нитрование, сульфирование, галогенирование,

формилирование, ацилирование. Ориентация электрофильного замещения. Реакции, характеризующие фуран как диен. Индол. Синтез производных индола из фенилгидразина и кетонов (Э. Фишер). Реакции электрофильного замещения в пиррольном кольце индола: нитрование, формилирование, галогенирование.

Шестичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом. Пиридин, хинолин и изохинолин. Синтез хинолина и изохинолина и замещенных хинолинов из анилинов по Краупу и Дебнеру-Миллеру. Синтез изохинолина по Бишлеру-Напиральскому. Ароматичность пиридина. Пиридин и хинолин как основания. Реакции пиридина и хинолина с алкилгалогенидами. Окисление и восстановление пиридина и хинолина. Реакции электрофильного замещения в пиридине и хинолине: нитрование, сульфирование, галогенирование.

Нуклеофильное замещение атомов водорода в пиридине и хинолине в реакциях с амидом натрия.

## Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

## Программа дисциплины «Органическая химия»

## 1. Введение

Предмет органической химии и основные этапы её развития. Способы изображения молекул органических соединений, структурные и электронные формулы (Г. Льюис). Типы углеродного скелета, ациклические, циклические и гетероциклические соединения. Изомерия и её виды. Гомология. Основные функциональные группы. Классификация органических соединений.

Основы номенклатуры органических соединений. Изомерия органических соединений. Заместительная номенклатура, ИЮПАК. Названия основных классов органических соединений, сложных поли- и гетерофункциональных соединений.

Способы изображения пространственного строения молекул с  $sp^3$ -гибридизованным углеродом: клиновидные проекции, "лесопильные козлы", проекции Ньюмена. Конформации, конформеры. Заслоненная (*син*-перипланарная), заторможенная (*анти*-перипланарная), скошенная (*гош*-) конформации.

Асимметрический атом углерода. Хиральность, условия, необходимые для возникновения хиральности. Конфигурация, отличие от конформации. Оптическая изомерия, оптическая активность. Энантиомеры. Рацематы.

Принцип R,S-номенклатуры. Определение порядка старшинства заместителей у хирального центра (правило Кана-Ингольда-Прелога). Абсолютная и относительная конфигурации. Проекционные формулы (Э. Фишер). Их построение, правила пользования ими (для соединений с одним асимметрическим атомом углерода). Способы разделения рацематов. Соединения с двумя хиральными центрами. Построение проекций Фишера. Диастереомеры. Мезо-формы. *Эритро*- и *трео*-номенклатура. Изображение молекулы данного соединения с помощью различных проекционных формул. Переход от одной проекционной формулы молекулы к другой. Представление об оптической изомерии соединений, не содержащих асимметрического атома углерода.

Геометрическая изомерия соединений с двойной связью. *Цис*-, *транс*-; *E*-, *Z*- и *син*-, *анти*- номенклатура.

Классификация реагентов и реакций. Электронные эффекты заместителей. Основные положения теории строения органических соединений (А.М. Бутлеров), электронной теории, основные принципы квантовой органической химии.

Типы гибридизации атома углерода в органических соединениях, теория взаимного отталкивания электронных орбиталей.  $\sigma$ - и  $\pi$ -Связи атомов углерода, физические характеристики связей: длина, валентные углы, энергия, полярность, поляризуемость, дипольный момент, потенциал ионизации. Гомолитический и гетеролитический разрыв связи.

Классификация реагентов и реакций. Промежуточные частицы (интермедиаты): радикалы, карбокатионы, карбанионы, карбены, нитрены, арины и др. Электронное и пространственное строение промежуточных частиц. Электронные эффекты заместителей. Индуктивный и мезомерный эффекты и способы изображения этих эффектов. Примеры групп с  $+I$ ,  $-I$ ,  $+M$  и  $-M$  эффектами. Эффект гиперконъюгации (сверхсопряжения). Влияние электронных эффектов заместителей на стабильность и реакционную способность органических соединений и промежуточных частиц. Резонансные структуры, правила их построения.

Кислоты и основания (И. Бренстед, Г. Льюис). Сопряженные кислоты и сопряженные основания. Кислотно-основные равновесия на примере спиртов, простых эфиров, карбоновых кислот, кетонов и аминов. Константа кислотности  $pK_a$ , константа основности  $pK_b$ . Влияние заместителей в молекуле на кислотность и основность органических соединений. Теория жестких и мягких кислот и оснований (ЖМКО).

## 2. Углеводороды

Алканы. Гомологический ряд, изомерия и номенклатура алканов. Природные источники алканов. Методы синтеза: гидрирование непредельных углеводородов, синтез через литийдиалкилкупраты, электролиз солей карбоновых кислот, восстановление карбонильных соединений, из галогеналканов (реакция Вюрца, протолиз реактивов Гриньяра). Природа  $C-C$  и  $C-H$  связей в алканах. Конформации этана, пропана, бутана и высших алканов. Энергетическая диаграмма конформационного состояния молекулы алкана.

Химические свойства: реакции галогенирования (хлорирование, бромирование, йодирование, фторирование). Энергетика цепных свободнорадикальных реакций галогенирования. Нитрование (М.И. Коновалов), сульфохлорирование и окисление. Селективность радикальных реакций и относительная стабильность алкильных радикалов. Термический и каталитический крекинг.

Циклоалканы. Классификация алициклов. Энергия напряжения циклоалканов и ее количественная оценка на основании сравнения теплот образования и теплот сгорания циклоалканов и соответствующих алканов. Типы напряжения в циклоалканах и подразделение циклов на малые, средние циклы и макроциклы. Строение циклопропана, циклобутана, циклопентана, циклогексана. Конформационный анализ циклогексана. Аксиальные и экваториальные связи в конформации "кресло" циклогексана.

Методы синтеза циклопропана, циклобутана и их производных. Особенности химических свойств соединений с трехчленным циклом. Синтез соединений ряда циклопентана и циклогексана. Синтез соединений со средним и большим размером цикла.

Алкены. Гомологический ряд, изомерия и номенклатура алкенов. Геометрическая изомерия (*цис*-, *транс*- и *E*-, *Z*-номенклатура). Природа двойной связи. Методы синтеза: элиминирование галогеноводорода из алкилгалогенидов, воды из спиртов, дегалогенирование *виш*-дигалогеналканов. Реакции Гофмана, Виттига, стереоселективное восстановление алкинов.

Химические свойства алкенов. Ряд стабильности алкенов, выведенный на основе теплот гидрирования. Гетерогенное и гомогенное гидрирование алкенов.

Электрофильное присоединение ( $A_E$ ). Общее представление о механизме реакций,  $\pi$ - и  $\sigma$ -комплексы, ониевые ионы. Стере- и региоселективность. Правило В.В. Марковникова, индуктивный и мезомерный эффекты. Галогенирование: механизм, стереохимия. Процессы, сопутствующие  $A_E$ -реакциям: сопряженное присоединение. Гидрогалогенирование, гидратация. Промышленный метод синтеза этанола и пропанола-2. Гидроксимеркурирование. Регио- и стереоселективное присоединение гидридов бора. Региоспецифические гидроборирующие реагенты. Превращение борорганических соединений в алканы, спирты. Окисление алкенов до оксиранов (Н.А. Прилежаев) и до диолов по Вагнеру ( $KMnO_4$ ) и Криге ( $OsO_4$ ). Стереохимия гидроксирования алкенов. Озонолиз алкенов, окислительное и восстановительное расщепление озонидов. Исчерпывающее окисление алкенов.

Радикальные реакции: присоединение бромистого водорода по Хараши (механизм  $A_R$ ) к алкенам и аллильное галогенирование по Циглеру.

Карбены — частицы с двухкоординированным атомом углерода. Методы генерирования карбенов и дигалогенкарбенов. Присоединение синглетных и триплетных карбенов к алкенам.

Алкадиены. Типы диенов. Изолированные, кумулированные и сопряженные диены. Изомерия и номенклатура. Методы синтеза 1,3-диенов: дегидрирование алканов, синтез Фаворского-Реппе, кросс-сочетание на металлокомплексных катализаторах.

Бутадиен-1,3, особенности строения. Химические свойства 1,3-диенов. Галогенирование и гидрогалогенирование 1,3-диенов. Аллильный катион. 1,2- и 1,4-присоединение, термодинамический и кинетический контроль. Полимеризация диенов. Натуральный и синтетический каучуки. Реакция Дильса-Альдера с алкенами и алкинами, стереохимия реакции и ее применение в органическом синтезе.

Алкины. Гомологический ряд, номенклатура и изомерия. Природа тройной связи. Методы синтеза алкинов с помощью реакций отщепления, алкилирования терминальных ацетиленов. Получение ацетилена пиролизом метана.

Химические свойства алкинов. Электрофильное присоединение к алкинам. Сравнение реакционной способности алкинов и алкенов. Галогенирование, гидрогалогенирование, гидратация алкинов (М.Г. Кучеров), присоединение карбоновых кислот. Восстановление алкинов до *цис*- и *транс*-алкенов. Гидроборирование алкинов, синтез альдегидов и кетонов. С—Н-кислотность

ацетилена. Ацетилениды натрия и меди. Магнийорганические производные алкинов (Ж.И. Иоцич): их получение и использование в органическом синтезе.

Конденсация терминальных алкинов с кетонами и альдегидами (А.Е. Фаворский, В. Реппе).

Ароматические углеводороды. *Концепция ароматичности.* Ароматичность. Строение бензола. Формула Кекуле. Правило Хюккеля. Ароматические катионы и анионы. Конденсированные ароматические углеводороды: нафталин, фенантрен, антрацен, азулен и другие. Гетероциклические пяти- и шестичленные ароматические соединения (пиррол, фуран, тиофен, пиридин). Антиароматичность на примере циклобутадиена, циклопропенил-аниона, катиона циклопентадиенилия.

Получение ароматических углеводородов в промышленности — каталитический риформинг нефти, переработка коксового газа и каменноугольной смолы. Лабораторные методы синтеза: реакция Вюрца-Фиттига и другие реакции кросс-сочетания, алкилирование аренов по Фриделю-Крафтсу, восстановление жирноароматических кетонов (реакция Кижнера-Вольфа, реакция Клемменсена), протолиз арилмагнийгалогенидов.

Свойства аренов. Каталитическое гидрирование аренов, восстановление аренов по Бёрчу. Реакции замещения водорода в боковой цепи алкилбензолов на галоген. Окисление алкилбензолов до карбоновых кислот.

Реакции электрофильного замещения в ароматическом ряду. Классификация реакций ароматического электрофильного замещения. Общие представления о механизме реакций, кинетический изотопный эффект в реакциях электрофильного замещения водорода в бензольном кольце. Представление о  $\pi$ - и  $\sigma$ -комплексах. Структура переходного состояния. Арениевые ионы в реакциях электрофильного замещения. Влияние природы заместителя на ориентацию и скорость реакции электрофильного замещения. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители. Согласованная и несогласованная ориентация двух или нескольких заместителей в ароматическом кольце.

*Нитрование.* Нитрующие агенты. Механизм реакции нитрования. Нитрование бензола и его замещенных. Нитрование нафталина, бифенила и других аренов. Получение полинитросоединений.

*Галогенирование.* Галогенирующие агенты. Механизм реакции галогенирования аренов и их производных.

*Сульфирование.* Сульфлирующие агенты. Механизм реакции. Кинетический и термодинамический контроль в реакции сульфирования на примере нафталина. Обратимость реакции сульфирования. Превращения сульфогруппы.

*Алкилирование аренов по Фриделю-Крафтсу.* Алкилирующие агенты. Механизм реакции. Побочные процессы — изомеризация алкилирующего агента и конечных продуктов. Синтез диарил- и триарилметанов.

*Ацилирование аренов по Фриделю-Крафтсу.* Ацилирующие агенты. Механизм реакции. Региоселективность ацилирования. Формилирование по Гаттерману-Коху и другие родственные реакции.

### 3. Галогенпроизводные углеводородов

Изомерия, номенклатура. Способы получения из спиртов, алканов, алкенов; замещением атома одного галогена атомом другого, хлорметилирование аренов.

Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода в алкилгалогенидах как метод создания связи углерод—углерод, углерод—азот, углерод—кислород, углерод—сера, углерод—фосфор (получение алкилгалогенидов, спиртов, тиолов, простых эфиров, нитросоединений, аминов, нитрилов, сложных эфиров и др.) Классификация механизмов реакций нуклеофильного замещения. Основные характеристики  $S_N1$ -,  $S_N2$ -реакций. Энергетический профиль реакций.

Реакции  $S_N2$ -типа. Кинетика, стереохимия, вальденовское обращение. Понятие о нуклеофильности. Влияние природы радикала и уходящей группы субстрата, природы нуклеофильного агента на скорость  $S_N2$ -реакций. Принцип ЖМКО.

Метод межфазного переноса и его использование в органическом синтезе.

Реакции  $S_N1$ -типа. Кинетика, стереохимия, зависимость  $S_N1$ -процесса от природы радикала, уходящей группы, растворителя. Карбокатионы, факторы, определяющие их устойчивость.

Методы получения галогеналканов из алканов, алкенов, спиртов.

Реакции элиминирования. Реакции элиминирования,  $\alpha$ - и  $\beta$ -элиминирование. Классификация механизмов  $\beta$ -элиминирования:  $E1$ ,  $E2$  и  $E1cb$ . Направление элиминирования. Правила Зайцева и Гофмана. Стереохимия элиминирования: *анти*-элиминирование. Влияние природы основания и уходящей группы на направление отщепления. Конкуренция процессов  $E2$  и  $S_N2$ ,  $E1$  и  $S_N1$ . Факторы, влияющие на эту конкуренцию. Использование реакций  $\beta$ -элиминирования в галогеналканах для синтеза алкенов, диенов и алкинов. Влияние конформационного положения функциональных групп в циклоалканах на их реакционную способность на примере реакций замещения, отщепления.

### 4. Металлоорганические соединения

Литий- и магнийорганические соединения. Методы синтеза: взаимодействие металла с алкил- или арилгалогенидами. Строение реактивов Гриньяра, равновесие с диалкилмагнием. Литий- и магнийорганические соединения в синтезе углеводородов, спиртов, альдегидов, кетонов, карбоновых кислот. Диалкил- и диарилкупраты. Получение и применение этих комплексных соединений для синтеза предельных углеводородов, диенов, несимметричных кетонов и в реакциях сопряженного присоединения к  $\alpha,\beta$ -ненасыщенным карбонильным соединениям.

## 5. Гидроксипроизводные углеводов

Одноатомные спирты. Гомологический ряд, классификация, изомерия и номенклатура. Методы получения: из алкенов, карбонильных соединений, галогеналканов, сложных эфиров и карбоновых кислот.

Свойства спиртов. Спирты, как слабые О—Н-кислоты. Спирты как основания Льюиса. Замещение гидроксильной группы в спиртах на галоген (под действием галогеноводородов, галогенидов фосфора, хлористого тионила). Механизмы  $S_N1$ ,  $S_N2$ , и стереохимия замещения. Дегидратация спиртов. Окисление первичных спиртов до альдегидов и карбоновых кислот, вторичных спиртов до кетонов. Реагенты окисления на основе хромового ангидрида и диоксида марганца. Механизм окисления спиртов хромовым ангидридом.

Двухатомные спирты. Методы синтеза. Свойства: окисление, ацилирование, дегидратация. Окислительное расщепление 1,2-диолов (йодная кислота, тетраацетат свинца). Пинаколиновая перегруппировка.

Фенолы. Методы получения: щелочное плавление аренсульфонатов, замещение галогена на гидроксил, гидролиз солей арендиазония. Кумольный способ получения фенола в промышленности.

Свойства фенолов. Фенолы как О—Н-кислоты. Сравнение кислотного характера фенолов и спиртов, влияние заместителей на кислотность фенолов. Образование простых и сложных эфиров фенолов. Реакции электрофильного замещения в ароматическом ядре фенолов: галогенирование, сульфирование, нитрование, нитрозирование, сочетание с солями диазония, алкилирование и ацилирование. Карбоксилирование фенолятов щелочных металлов по Кольбе. Формилирование фенолов по Реймеру-Тиману, механизм образования салицилового альдегида. Формилирование фенолов по Вильсмайеру. Перегруппировка аллиловых эфиров фенолов (Л. Кляйзен). Окисление фенолов, в том числе пространственно затрудненных. Понятие об ароксильных радикалах.

## 6. Простые эфиры

Простые эфиры. Методы получения: реакция Вильямсона, алкоксимеркурирование алкенов, межмолекулярная дегидратация спиртов.

Свойства простых эфиров: образование оксониевых солей, расщепление кислотами. Гидропероксиды. Получение и свойства  $\alpha$ -галогенэфиров.

Краун-эфиры. Получение и применение в синтетической практике.

Оксираны. Способы получения. Раскрытие цикла под действием нуклеофильных агентов.

## 7. Карбонильные соединения

Изомерия и номенклатура. Методы получения альдегидов и кетонов из спиртов, производных карбоновых кислот, алкенов (озонолиз), на основе металлорганических соединений. Ацилирование и формилирование

ароматических соединений. Промышленное получение формальдегида, ацетальдегида (Вакер-процесс) и высших альдегидов (гидроформилирование).

Строение карбонильной группы, ее полярность и поляризуемость. Общие представления о механизме нуклеофильного присоединения по карбонильной группе альдегидов и кетонов.

Кислотный и основной катализ. Присоединение воды, спиртов, тиолов. Защита карбонильной группы. Получение бисульфитных производных и циангидринов. Взаимодействие альдегидов и кетонов с илидами фосфора (Виттиг), как метод синтеза алкенов.

Взаимодействие альдегидов и кетонов с азотистыми основаниями. Получение иминов и енаминов. Оксимы, гидразоны, фенилгидразоны. Реакция Кижнера. Реакции альдегидов и кетонов с металлоорганическими соединениями. Синтез спиртов.

Химические свойства. Общие представления о механизме нуклеофильного присоединения по карбонильной группе альдегидов и кетонов.

Кето-енольная таутомерия. Енолизация альдегидов и кетонов в реакциях галогенирования, изотопного обмена водорода и рацемизации оптически активных кетонов. Кислотный и основной катализ этих реакций.

Кето-енольная таутомерия кетонов, 1,3-дикетонов и 1,3-кетозэфиров. Двойственная реакционная способность енолят-ионов. Интерпретация данных в рамках принципа ЖМКО.

Алкилирование и ацилирование енаминов.

Альдольно-кетоновая конденсация альдегидов и кетонов в кислой и щелочной среде, механизм реакций. Направленная альдольная конденсация разноименных альдегидов с использованием литиевых, борных енолятов и кремниевых эфиров енолов. Конденсация альдегидов и кетонов с малоновым эфиром и другими соединениями с активной метиленовой группой. Аминометиление альдегидов и кетонов (Манних). Бензоиновая конденсация.

Восстановление альдегидов и кетонов до спиртов, реагенты восстановления; восстановление С=О-группы до СН<sub>2</sub>-группы: реакции Кижнера-Вольфа и Клемменсена. Ион-радикальная димеризация альдегидов и кетонов. Диспропорционирование альдегидов по Канниццаро (прямая и перекрестная реакции)

α,β-Непредельные альдегиды и кетоны. Методы получения: конденсации, окисление алиловых спиртов. Сопряжение карбонильной группы с двойной углерод-углеродной связью. Реакции 1,2- и 1,4-присоединения литийорганических соединений, диалкил- и диарилкупратов, аминов, цианистого водорода, галогеноводородов. Сопряженное присоединение енолятов и енаминов (Михаэль).

Восстановление α,β-непредельных карбонильных соединений.

Кетен. Получение и свойства.

Хиноны. Получение *o*- и *n*-бензо- и нафтохинонов. Свойства хинонов: получение моно- и диоксимов, присоединение хлористого водорода, анилина, уксусного ангидрида, спиртов, реакция с диенами.

Сопоставление свойств хинонов и  $\alpha,\beta$ -непредельных кетонов. Восстановление хинонов. Хлоранил, его использование для окисления и получение. Хингидрон. Комплексы с переносом заряда (КПЗ). Семихиноны. Понятие об анион-радикалах. Гидрохинон как ингибитор свободнорадикальных реакций. Антрахинон: получение и применение. Ализарин.

## 8. Карбоновые кислоты и их производные

Классификация, номенклатура, изомерия. Методы синтеза: окисление первичных спиртов и альдегидов, алкенов, алкилбензолов; гидролиз нитрилов и других производных карбоновых кислот; синтез на основе металлоорганических соединений; синтезы на основе малонового и ацетоуксусного эфиров. Получение муравьиной и уксусной кислот.

Строение карбоксильной группы и карбоксилат-иона. Физико-химические свойства кислот: ассоциация, диссоциация. Кислотность, ее зависимость от индуктивных эффектов заместителей, от характера и положения заместителей в алкильной цепи и бензольном ядре.

Галогенирование кислот по Гелю-Фольгарду-Зелинскому. Пиролитическая кетонизация, электролиз солей карбоновых кислот по Кольбе.

Галогенангидриды. Получение с помощью галогенидов фосфора, тионилхлорида. Свойства: взаимодействие с нуклеофильными реагентами (вода, спирты, аммиак, амины, гидразин, металлоорганические соединения). Восстановление до альдегидов по Розенмунду и комплексными гидридами металлов.

Ангидриды. Методы получения: дегидратация кислот с помощью  $P_2O_5$  и фталевого ангидрида; ацилирование солей карбоновых кислот хлорангидридами. Реакции ангидридов кислот с нуклеофилами. Реакция Перкина.

Сложные эфиры. Методы получения: этерификация карбоновых кислот (механизм), ацилирование спиртов и их алколюлятов ацилгалогенидами и ангидридами, алкилирование карбоксилат-ионов, реакции кислот с диазометаном. Методы синтеза циклических сложных эфиров — лактонов. Реакции сложных эфиров: гидролиз (механизм кислотного и основного катализа), аммонолиз, переэтерификация; взаимодействие с магний- и литийорганическими соединениями, восстановление до спиртов комплексными гидридами металлов; сложноэфирная (Л. Кляйзен) и ацилоиновая конденсации.

Ацетоуксусный эфир и его использование в синтезе. Кето-енольная таутомерия эфиров 1,3-кетокислот и 1,3-дикетонов, амбидентный характер енолят-иона.

Амиды. Строение карбамоильной группы. Методы получения: ацилирование аммиака и аминов, пиролиз карбоксилатов аммония,

перегруппировка оксимов по Бекману. Синтез циклических амидов — лактамов. Свойства: гидролиз, восстановление до аминов, дегидратация амидов. Понятие о секстетных перегруппировках. Перегруппировки А. Гофмана, Т. Курциуса. Взаимодействие амидов с азотистой кислотой.

Нитрилы. Методы получения: дегидратация амидов кислот (с помощью  $P_2O_5$ ,  $SOCl_2$ ,  $POCl_3$ ), алкилирование цианид-иона. Свойства: гидролиз, аммонолиз, восстановление до аминов, взаимодействие с магний- и литийорганическими соединениями.

Производные угольной кислоты: фосген, мочевины и ее производные, эфиры угольной кислоты, изоцианаты, уретаны, семикарбазид, ксантогенаты. Получение и основные свойства.

Двухосновные кислоты. Методы синтеза: окислительное расщепление циклоолефинов и циклических кетонов, окисление полиалкилбензолов. Главные представители: щавелевая кислота, диэтилоксалат в сложноэфирной конденсации. Малоновая кислота: синтезы с малоновым эфиром, реакция Михаэля, конденсации с альдегидами (Кнёвенагель). Янтарная кислота, ее ангидрид, имид, N-бромсукцинимид. Адипиновая кислота. Конденсация Дикмана. Ацилоиновая конденсация эфиров дикарбоновых кислот как метод синтеза средних и макроциклов.

Фталевая и терефталевая кислоты, промышленные методы получения. Фталевый ангидрид, фталимид и его использование в синтезе.

$\alpha,\beta$ -Непредельные кислоты. Методы синтеза: дегидратация  $\beta$ -оксикислот, реакция Кнёвенагеля, реакция Виттига, реакция Перкина, синтез коричных кислот.

Реакции присоединения по двойной  $C=C$  связи. Стереохимия присоединения галогена и гидроксирования по Вагнеру ( $KMnO_4$ ).

*Фумаровая и малеиновая кислоты. Ацетилендикарбоновая кислота.*

## 9. Гидрокси- и оксокислоты

Изомерия, номенклатура.

Способы получения: при восстановлении кетокилот; при окислении гликолей; через оксинитрилы.

Дегидратация  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -оксикислот. Лактиды и лактоны. *Гликолевая, молочная и винная кислоты.* Нахождение в природе. Свойства.

Оптическая изомерия — вид пространственной изомерии. Асимметрический атом углерода, структурные формулы, проекционные формулы Фишера. Стереохимия соединений с двумя асимметрическими атомами углерода. Антиподы (энантиомеры), рацематы, диастереомеры, мезоформы. Стереохимия молочных и винных кислот. Способы разделения рацематов. D,L-система. Принцип R,S-номенклатуры. Определение старшинства заместителей у асимметрического атома углерода. Конфигурация и знак вращения.

## 10. Углеводы

Моносахариды и полисахариды. Классификация и стереохимия моносахаридов. Альдозы (альдотреозы, альдопентозы, альдогексозы) и кетозы. Стереохимия альдоз и кетоз в проекциях Фишера. Циклические полуацетали альдогексоз — глюкопиранозы и глюкофуранозы.  $\alpha$ - и  $\beta$ -Аномеры. Формулы Хеуорса для аномерных моносахаридов. Таутомерия циклических и открытых форм в растворах моносахаридов, мутаротация глюкозы. Конформации пиранозного цикла. Реакции моносахаридов. Получение гликозидов, как особой формы циклических ацеталей. Синтез простых и сложных эфиров моносахаридов. Окисление альдоз до альдоновых кислот, лактонизация альдоновых кислот. Исчерпывающее окисление моносахаридов иодной кислотой. Образование озаонов при взаимодействии с фенилгидразином. Синтез моносахаридов по Килиани-Фишеру и деградация по Волю-Руффу.

Дисахариды (биозы): мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза.

Полисахариды — целлюлоза и крахмал.

## 11. Сульфокислоты и их производные

Сульфорирующие реагенты. Обратимость и селективность сульфирования Аренов. Арилсульфокислоты и их соли в реакциях замещения с помощью электрофильных и нуклеофильных реагентов. Функциональные производные сульфокислот: хлорангидриды, амиды, сложные эфиры; их синтез и превращения. Производные арилсульфокислот как сульфамидные препараты и биоразрушаемые детергенты.

## 12. Азотсодержащие органические соединения

Нитроалканы. Методы синтеза из алкилгалогенидов (амбидентный характер нитрит-иона), нитрование алканов по Коновалову. Строение нитрогруппы. Свойства нитроалканов: кислотность и таутомерия нитроалканов, галогенами, конденсация с карбонильными соединениями, восстановление в амины.

Ароматические нитросоединения. Восстановление нитроаренов в кислой и щелочной среде. Промежуточные продукты восстановления нитрогруппы (нитрозосоединения, арилгидроксиламины, азокси-, азо- и гидразосоединения). Бензидиновая перегруппировка.

Амины. Классификация, изомерия, номенклатура аминов. Методы получения: алкилирование аммиака и аминов по Гофману, из фталимида калия (по Габриэлю), восстановление азотсодержащих производных карбонильных соединений и карбоновых кислот, нитросоединений, алкилазидов. Перегруппировки Гофмана и Курциуса. Восстановительное аминирование карбонильных соединений.

Строение аминов, химические свойства. Амины как основания. Сравнение основных свойств первичных, вторичных, третичных алифатических и ароматических аминов. Влияние на основность аминов заместителей в

ароматическом ядре. Алкилирование и ацилирование аминов. Термическое разложение гидроксидов тетраалкиламмония по Гофману. Идентификация и разделение первичных, вторичных и третичных аминов с помощью бензолсульфохлорида (проба Гинсберга).

Взаимодействие первичных, вторичных и третичных алифатических и ароматических аминов с азотистой кислотой. Окисление третичных аминов. Реакции электрофильного замещения в бензольном ядре ароматических аминов, защита аминогруппы.

Дiazосоединения. Общие представления об алифатических diaзосоединениях. Diazометан, diaзоуксусный эфир,  $\alpha$ -diaзокарбонильные соединения. Aроматические diaзосоединения. Реакции diaзотирования первичных ароматических аминов. Условия diaзотирования в зависимости от строения амина. Механизм, природа нитрозирующего агента. Строение и устойчивость солей diaзония.

Реакции diaзосоединений с выделением азота: замена diaзогруппы на гидроксил-, галоген-, циан-, нитрогруппу и водород.

Реакции diaзосоединений без выделения азота: восстановление до арилгидразинов, азосочетание. Азосочетание как реакция электрофильного замещения. Азо- и diaзосоставляющие, условия сочетания с аминами и фенолами. Азокрасители.

Аминокислоты. Номенклатура аминокислот. Природные аминокислоты. Хиральность аминокислот, образующих протеины. Кислотно-основные свойства, амфотерность аминокислот. Изоэлектрическая точка. Синтезы  $\alpha$ -аминокислот и разделение рацемических форм.

Свойства аминокислот: по аминогруппе, карбоксилу, окисление аминокислот.

Номенклатура пептидов. Основные принципы синтеза полипептидов; защита аминогруппы и активация карбоксильной группы. Твердофазный синтез пептидов. Общие принципы определения строения пептидов и белков. Первичная, вторичная и третичная структура белков. Понятие о ферментах и ферментативном катализе.

Нуклеиновые кислоты. Нуклеиновые основания, нуклеозиды и нуклеотиды. Первичная структура ДНК и РНК. Нуклеотидный состав ДНК и РНК. Вторичная структура ДНК. Биологическая функция ДНК. Виды РНК и ее роль в синтезе белка.

### 13. Гетероциклические соединения

Классификация гетероциклов, номенклатура.

Пятичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом. *Фуран, тиофен, пиррол.* Синтез из 1,4-дикарбонильных соединений (Пааль-Кнорр), синтез пирролов по Кнорру. Aроматичность. Реакции электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах: нитрование,

сульфирование, галогенирование, формилирование, ацилирование. Ориентация электрофильного замещения. Реакции, характеризующие фуран как диен. *Индол*. Синтез производных индола из фенилгидразина и кетонов (Э. Фишер). Реакции электрофильного замещения в пиррольном кольце индола: нитрование, формилирование, галогенирование.

Шестичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом.  
*Пиридин, хинолин и изохинолин*. Синтез хинолина и изохинолина и замещенных хинолинов из анилинов по Скраупу и Дебнеру-Миллеру. Синтез изохинолина по Бишлеру-Напиральскому. Ароматичность пиридина. Пиридин и хинолин как основания. Реакции пиридина и хинолина с алкилгалогенидами. Окисление и восстановление пиридина и хинолина. Реакции электрофильного замещения в пиридине и хинолине: нитрование, сульфирование, галогенирование.

Нуклеофильное замещение атомов водорода в пиридине и хинолине в реакциях с амидом натрия.

## Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
1. Введение Основные понятия, методы, проблемы органической химии	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
2. Предельные углеводороды.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
3. Непредельные углеводороды. Алкены, алкадиены, алкины.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>

<p>4. Ароматические углеводороды.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>5. Галогенпроизводные углеводов.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>6. Металлоорганические соединения.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>7. Гидроксильные производные углеводов.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>

8. Простые эфиры.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
9. Карбонильные соединения.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
10. Карбоновые кислоты и их функциональные производные.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
11. Гидрокси- и оксокислоты.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>

12. Углеводы.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• цифровые (показ презентаций)</li> </ul>
13. Сульфокислоты и их производные.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
13. Азотсодержащие органические соединения.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
14. Гетероциклические соединения.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
19. Курсовая работа по дисциплине «Органическая химия»	<ul style="list-style-type: none"> <li>• написание и оформление курсовой работы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• технология исследовательской деятельности</li> </ul>



# Распределение тем, форм работы и оценивание работ

## по семестрам и модулям

### График лабораторного практикума по дисциплине

#### «Органическая химия»

#### IV семестр, 1 модуль

Неделя	Форма и тема практического занятия	Теоретические вопросы Контроль
I м о д у л ь	1 <b>ЛР №1.</b> Химическая посуда и лабораторное оборудование. Техника безопасной работы в лаборатории органической химии. <i>3 балла</i>	Особенности строения и свойств органических соединений. Классификация органических соединений.
	2 <b>ЛР №2.</b> Качественный элементный анализ органических соединений. <i>4 балла</i>	Номенклатура органических соединений.
	3 <b>Семинар №1.</b> Номенклатура и изомерия органических соединений. <i>3 балла</i>	Номенклатура и изомерия органических соединений.
	4 <b>ЛР №3.</b> Методы очистки органических соединений: перекристаллизация, возгонка. Определение температуры плавления вещества. <i>4 балла</i>	<b>КР №1.</b> Номенклатура и изомерия органических соединений. <i>5 баллов</i>
	5 <b>Семинар №2.</b> Типы реагентов (свободные радикалы, электрофилы, нуклеофилы). Классификация органических реакций. Электронные эффекты заместителей. <i>3 балла</i>	
	6 <b>ЛР №4.</b> Методы очистки органических соединений: перегонка при атмосферном давлении. Определение температуры кипения вещества. <i>4 балла</i>	<b>КР №2.</b> Типы и устойчивость интермедиатов. Электронные эффекты заместителей. <i>5 баллов</i>
	7 <b>Семинар №3.</b> Алканы. Особенности строения. Химические свойства. Реакции свободнорадикального замещения. Способы получения. <i>3 балла</i>	<b>СР.</b> Способы получения алканов.
	8 <b>ЛР №5.</b> Получение и свойства предельных и непредельных ациклических углеводов. <i>4 балла</i>	<b>СР.</b> Способы получения алкенов.
	9 <b>Семинар №4.</b> Алкены. Особенности строения. Химические свойства. Реакции электрофильного, радикального присоединения. Способы получения. <i>3 балла</i>	<b>СР.</b> Способы получения алкадиенов.
	10 <b>Семинар №5.</b> Алкадиены. Особенности строения. Химические свойства. Реакции электрофильного, радикального присоединения. 1,2- и 1,4-Присоединение. Способы получения. <i>3 балла</i>	<b>СР.</b> Особенности строения и свойств сопряжённых алкадиенов
<b>Рубежный контроль</b>		
Особенности строения органических соединений. Номенклатура и изомерия органических соединений. Электронные эффекты заместителей. Типы и устойчивость интермедиатов. Химические свойства и способы получения алканов, алкенов, алкадиенов.		<i>6 баллов</i>

### График лабораторного практикума по дисциплине

#### «Органическая химия»

#### IV семестр, 2 модуль

Неделя	Форма и тема практического занятия	Теоретические вопросы Контроль
--------	------------------------------------	-----------------------------------

<b>П м о д у л ь</b>	11	<b>Семинар №6.</b> Свойства и получение алкинов.  <i>3 балла</i>	<b>СР.</b> Способы получения алкинов. Особенности строения и химические свойства алкинов.
	12	<b>ЛР №6.</b> Ароматические углеводороды.  <i>3 балла</i>	<b>КР №3.</b> Химические свойства и способы получения алканов, алкенов, алкадиенов, алкинов.  <i>8 баллов</i>
	13	<b>Семинар №7.</b> Химические свойства аренов. Реакции электрофильного замещения. Ориентирующее действие заместителей в бензольном кольце. Согласованное и несогласованное действие заместителей.  <i>3 балла</i>	<b>СР.</b> Алициклические углеводороды. Особенности строения, классификация, номенклатура. Химические свойства, способы получения.
	14	<b>Семинар №8.</b> Галогенпроизводные углеводородов. Общие свойства и способы получения.  <i>3 балла</i>	<b>КР №4.</b> Ароматические углеводороды. Реакции $S_E$ .  <i>5 баллов</i>
	15	<b>Семинар №9.</b> Галогенпроизводные углеводородов. Общие свойства и способы получения. Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода. Реакции элиминирования.  <i>3 балла</i>	<b>СР.</b> Металлоорганические соединения. Классификация, строение, свойства.
	16	<b>ЛР №7.</b> Свойства спиртов, фенолов.  <i>3 балла</i>	<b>КР №5.</b> Химические свойства галогенпроизводных углеводородов. Реакции $S_N1$ , $S_N2$ , $E1$ , $E2$ .  <i>6 баллов</i>
	17	<b>Семинар №10.</b> Свойства спиртов, фенолов, простых эфиров.  <i>3 балла</i>	<b>СР.</b> Способы получения спиртов, фенолов и простых эфиров.
	18	<b>Зачётное занятие.</b>	
	<b>Рубежный контроль</b> Химические свойства и способы получения алкинов, ароматических углеводородов, галогенпроизводных углеводородов, спиртов, фенолов. Реакции $S_E$ , $S_N1$ , $S_N2$ , $E1$ , $E2$ .  <i>10 баллов</i>		

**График лабораторного практикума по дисциплине  
«Органическая химия»  
V семестр**

Неделя		Форма и тема практического занятия	Теоретические вопросы Контроль
<b>И м о д у л</b>	1	<b>Семинар №1.</b> Повторение: номенклатура, изомерия, химические свойства изученных классов органических соединений. Номенклатура, изомерия, способы получения карбонильных соединений.	Номенклатура, изомерия, способы получения карбонильных соединений. <b>Конспект.</b> Способы получения альдегидов и кетонов.
	2	<b>Семинар №2.</b> Карбонильные соединения. Реакции	Механизм реакции

Б		нуклеофильного присоединения.	нуклеофильного присоединения.
	3	<b>ЛР №1.</b> Химические свойства и получение карбонильных соединений. <i>3 балла</i>	Реакционная способность альдегидов и кетонов.
	4	<b>Семинар №3.</b> Карбонильные соединения. Реакции конденсации. ОВР альдегидов и кетонов. Непредельные карбонильные соединения.	<b>КР №1.</b> «Альдегиды и кетоны. Химические свойства, получение». <i>5 баллов</i>
	5	<b>Семинар №4.</b> Карбоновые кислоты. Номенклатура. Способы получения. Химические свойства.	<b>Конспект.</b> Способы получения карбоновых кислот.
	6	<b>ЛР №2.</b> Карбоновые кислоты и их функциональные производные. <i>3 балла</i>	Реакционная способность карбоновых кислот и их производных.
	7	<b>Семинар №5.</b> Функциональные производные карбоновых кислот. Непредельные и двухосновные карбоновые кислоты. Малоновый эфир.	Взаимные превращения карбоновых кислот и их производных.
	8	<b>ЛР №3.</b> Гидрокси- и оксокислоты. Ацетоуксусный эфир. <i>3 балла</i>	<b>КР №2.</b> «Карбоновые кислоты и их производные». <i>5 баллов</i>
	9	<b>Семинар №6.</b> Синтезы на основе ацетоуксусного эфира. <b>Рубежный контроль</b> Карбонильные соединения. Реакции нуклеофильного присоединения. Карбоновые кислоты и их производные. Малоновый эфир. Ацетоуксусный эфир. <i>5 баллов</i>	Получение кетонов и кислот на основе АУЭ.
	П м о д у л ь	10	<b>ЛР №4.</b> Химические свойства углеводов. <i>3 балла</i>
11		<b>Семинар №7.</b> Нитросоединения. Сульфоновые кислоты и их производные.	Получение нитросоединений и сульфоновых кислот.
12		<b>ЛР №5.</b> Функциональный анализ органических соединений. <i>5 баллов</i>	Качественные реакции на функциональные группы.
13		<b>Семинар №8.</b> Амины. Способы получения. Химические свойства.	<b>Конспект.</b> Способы получения аминов.
14		<b>ЛР №6.</b> Химические свойства аминов. Тонкослойная хроматография. Качественный анализ смеси аминокислот. <i>5 баллов</i>	Особенности химических свойств аминокислот.
15		<b>Семинар №9.</b> Азосоединения. Диазосоединения. Реакции диазотирования, азосочетания.	<b>КР №3.</b> «Азотсодержащие органические соединения». <i>4 балла</i>
16		<b>Семинар №10.</b> Повторение и обобщение материала по дисциплине «Органическая химия»	Реакционная способность изученных классов веществ.
17		<b>Рубежный контроль</b> Нитросоединения. Сульфосоединения. Амины. Азосоединения. Диазосоединения. <i>5 баллов</i>	

**4 семестр**  
**РАСЧЕТ БАЛЛОВ В 4 СЕМЕСТРЕ**  
**ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»**  
**1 модуль**

№	Результат (индикатор)	Вид работы	Критерии оценивания
1	ОПК-1.3 ОПК-2.1 ОПК-2.2	Лабораторные работы - 5	<b>19 баллов</b> (по 3 балла за ЛР №1; 4 балла за ЛР № 2,3,4,5)
2	ОПК-6.1	Контрольная работа №1 Контрольная работа №2	<b>5 баллов</b> <b>5 баллов</b>
3		Семинары - 5	<b>15 баллов</b> (максимально 3 балла за работу на

			семинаре)
4		Рубежный контроль. Тестирование.	<b>6 баллов</b>
		<b>Итого за 1 модуль</b>	<b>50</b>

### 2 модуль

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания
1	ОПК-1.3 ОПК-2.1	Лабораторные работы - 2	<b>6 баллов</b> (по 3 балла за ЛРН <sub>№</sub> 6,7)
2	ОПК-2.2 ОПК-6.1	Контрольная работа № 3 Контрольная работа № 4 Контрольная работа № 5	<b>8 баллов</b> <b>5 баллов</b> <b>6 баллов</b>
3		Семинары - 5	<b>15 баллов</b> (максимально 3 балла за работу на семинаре)
4		Рубежный контроль. Тестирование.	<b>10 баллов</b>
		<b>Итого за 2 модуль</b>	<b>50</b>
		<b>Итого за семестр</b>	<b>100 баллов</b>

## 5 семестр

### РАСЧЕТ БАЛЛОВ В 5 СЕМЕСТРЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ» 1 модуль

№	Результат (индикатор)	Вид работы	Критерии оценивания
1	ОПК-1.3 ОПК-2.1 ОПК-2.2	Лабораторные работы - 3	<b>9 баллов</b> (по 3 балла за ЛР №1,2;3)
2	ОПК-6.1	Контрольная работа №1 Контрольная работа № 2 Контрольная работа № 3	<b>5 баллов</b> <b>5 баллов</b> <b>5 баллов</b>
3		Рубежный контроль. Тестирование.	<b>6 баллов</b>
		<b>Итого за модуль</b>	<b>30</b>

## 2 модуль

№	Результат (индикатор)	Вид работы	Критерии оценивания
1	ОПК-1.3 ОПК-2.1 ОПК-2.2	Лабораторные работы-3	<b>13 баллов</b> (3 балла за ЛР №4; по 5 баллов за ЛР №5,6)
2	ОПК-6.1	Контрольная работа № 4 Контрольная работа № 5 Контрольная работа №6	<b>4 баллов</b> <b>4 баллов</b> <b>4 балла</b>
3		Рубежный контроль. Тестирование.	<b>5 баллов</b>
		<b>Итого за модуль</b>	<b>30 баллов</b>
		<b>Экзамен</b>	<b>40 (4 задания в билете по 10 баллов)</b>
		<b>Итого за 5 семестр</b>	<b>100 баллов</b>

## Методы очистки жидких органических веществ.

### Перегонка при атмосферном давлении.

#### Определение температуры кипения и показателя преломления.

Цель работы: освоить метод перегонки жидких органических веществ при атмосферном давлении, методы определения температуры кипения и показателя преломления.

Перегонка служит важнейшим методом разделения и очистки жидкостей. В простейшем случае перегонка заключается в нагревании жидкости до кипения и конденсации ее паров в виде дистиллята в холодильнике. Так как при этом происходит перемещение только одной фазы, а именно пара, то в этом случае говорят о *прямоточной* перегонке. Если же часть сконденсированного пара (так называемая *флегма*) стекает навстречу восходящему току паров и постоянно возвращается в перегонную колбу, то такой процесс называют *противоточной* перегонкой. Противоточная перегонка, или *ректификация*, осуществляется в ректификационных колоннах.

Как средство очистки или разделения веществ перегонка может быть использована только в том случае, если вещество достаточно устойчиво к нагреванию и не разлагается при кипении.

#### Опыт 1. Простая перегонка (перегонка при атмосферном давлении)

Реактивы: ацетон, этанол, пропанол, изопропиловый спирт.

Простую перегонку применяют при перегонке индивидуальной жидкости, при отгонке вещества от нелетучих компонентов, при разгонке жидкостей, сильно отличающихся друг от друга по температурам кипения.

*Прибор:*

Простейший прибор для перегонки состоит из круглодонной колбы с боковым отводом — колба Вюрца (или используют круглодонную одногорлую колбу и насадку Вюрца), термометра, холодильника, алонжа и приемника (рис.1).

Расположение боковой пароотводной трубки колбы Вюрца (или насадки Вюрца) определяется температурой кипения перегоняемой жидкости. Для веществ с температурой кипения до 100°C используют колбы Вюрца с верхним расположением трубки, а для веществ с температурой кипения 100-160°C — со средним, для веществ с температурой кипения выше 160°C колба должна иметь нижнее расположение трубки.

Термометр, показывающий температуру паров перегоняемой жидкости ( $T_{\text{кип}}$ ), вставляют в колбу так, чтобы шарик с ртутью находился на 0,5 см ниже отверстия трубки и полностью омывался отходящими парами.

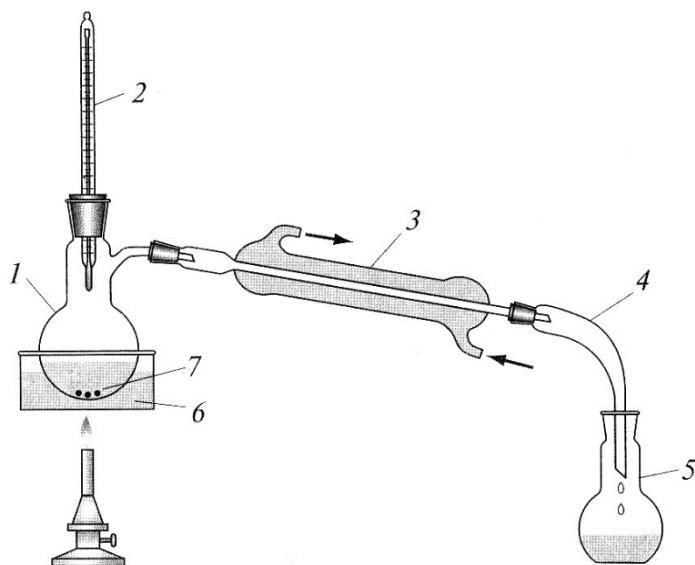


Рис.1. Прибор для простой перегонки при атмосферном давлении:

1 — колба Вюрца; 2 — термометр; 3 — холодильник Либиха, 4 — алонж, 5 — колба-приемник; 6 — баня; 7 — кипятивнички.

К боковой трубке колбы присоединяют холодильник, служащий для конденсации паров жидкости и отвода ее в приемник. Такой холодильник называют нисходящим. Наиболее часто применяют холодильник Либиха. Водяное охлаждение в нем применяют при перегонке жидкостей, кипящих до температуры 120-130°C, при перегонке веществ с температурой кипения 120-160°C охлаждение производят непроточной водой или в холодильнике без воды.

В качестве приемника могут быть использованы любые плоскодонные колбы. Если жидкость перегоняется после осушки, то используют алонж, снабженный хлоркальциевой трубкой, и с приемником соединяют герметически плотно.

#### *Ход работы:*

Первоначально подготавливают к работе холодильник: к отводам холодильника присоединяют резиновые шланги, соблюдая принцип противотока (нижний отвод — ввод воды, присоединяется к водопроводному крану; верхний — выход воды).

Собирают прибор согласно рис.1.

Колбу заполняют перегоняемой жидкостью на 3/4 ее объема. Для заполнения колбы используют стеклянную воронку с длинным носиком, чтобы жидкость не попала в боковой отвод колбы Вюрца. Объем перегонной колбы подбирают в соответствии с предполагаемым количеством основного вещества, а не общим объемом жидкости. При разгонке раствора, содержащего большой объем растворителя, используют двухгорлую колбу и раствор вводят непрерывно по каплям с помощью капельной воронки.

Перед началом перегонки в колбу помещают несколько «кипятивничков» для обеспечения равномерного кипения. Употреблять «кипятивнички» можно только один раз, при охлаждении они заполняются жидкостью.

**Прежде чем начать перегонку, необходимо проверить, что прибор сообщается с атмосферой, иначе произойдет взрыв.**

Во время перегонки следят за равномерностью кипения жидкости, за показаниями термометра и за поступлением отгона в приемник. Отмечают и записывают температуру, при которой в приемник падает первая капля отгона. Скорость перегонки должна составлять примерно одну каплю в 1-2 секунды, а на резервуаре термометра в ходе перегонки все время должна быть капля, так как ее исчезновение может свидетельствовать о перегревании жидкости.

Чистое вещество обычно перегоняется в узком температурном интервале 1-2°C, в то время как загрязненное летучими примесями, перегоняется в широком, нечетко выраженном интервале.

В начале собирают в приемник фракцию, кипящую ниже температуры кипения основного вещества (*предгон*). Отмечают интервал температуры кипения и массу (*объем*).

Затем собирают *основную фракцию*, отмечая интервал температуры кипения и массу (*объем*) вещества.

**Вещество нельзя отгонять досуха. Перегонку прекращают, когда в перегонной колбе останется 1-2 мл жидкости (остаток).**

Сравнивают полученные результаты по температурам кипения с литературными данными.

*Примечание:*

Горючие, легковоспламеняющиеся жидкости, такие, как диэтиловый эфир, перегоняют на заранее нагретой водяной бане, температуру в которой поддерживают добавлением в нее горячей воды, а не нагреванием.

Нагревание других горючих жидкостей с температурой кипения до 100°C (ацетон, спирт, бензол) производят на водяной бане, которую нагревают на электрической плитке с закрытым элементом. Горючие жидкости с температурой кипения выше 100°C можно нагревать на электроплитках, а в некоторых случаях и на сетках, нагреваемых газовыми горелками.

**Микроперегонка** используется для небольших количеств веществ (0,05—0,2 мл). Ее осуществляют в специальных трубках Эмиха (рис.2), которые имеют вид коротких пробирок длиной 5–6 см и диаметром 4-6 мм. В середине трубки имеется одно или два сужения. К запаянному концу припаяна короткая стеклянная палочка. На дно трубки помещают немного чистого прокаленного асбеста и добавляют 1–3 капли подлежащей перегонке жидкости. При необходимости трубку центрифугируют, чтобы вся жидкость собралась на дне и впиталась в асбест. Затем трубку нагревают при постоянном вращении над пламенем микрогорелки (на высоте не менее 5 см и под углом 45°). Холодильником служит смоченная водой полоска фильтровальной бумаги,



обернута вокруг трубки над сужением. При нагревании жидкость испаряется, пары, конденсируясь на стенках, образуют кольцо дистиллята, которое медленно поднимается вверх. Когда кольцо пройдет через сужение, нагревание прекращают, кладут трубку горизонтально и по возможности полно отбирают дистиллят капилляром.

Рис.2. Трубка Эмиха:

### Опыт 2. Дробная (фракционная) перегонка

Реактивы: ксилол (или фракция скипидара с  $T_{\text{кип}}=152-157^{\circ}\text{C}$ ); четыреххлористый углерод (или хлороформ).

1 – асбестовое волокно, пропитанное перегоняемой жидкостью; 2 – сужение

#### *Ход работы:*

Для опыта применяют смесь равных весовых количеств четыреххлористого углерода  $\text{CCl}_4$  ( $T_{\text{кип}}=78^{\circ}\text{C}$ ,  $\rho=1,59$  г/см<sup>3</sup>) и ксилола  $\text{C}_8\text{H}_{10}$  ( $T_{\text{кип}}=139^{\circ}\text{C}$ ,  $\rho=0,86$  г/см<sup>3</sup>). Эта смесь ( $\rho=1,12$  г/см<sup>3</sup>) удобна тем, что ее компоненты имеют резко различные температуры кипения и плотности; поэтому по плотности фракций, отгоняемых в определенных температурных пределах, можно не только с достаточной точностью судить об их составе, но и проследить изменение состава фракций при двукратной разгонке.

Дробную перегонку производят из колбы емкостью 75-100 мл с отводной трубкой и присоединенным к ней водяным холодильником. В горло колбы вставляют термометр. До начала перегонки готовят шесть сухих колб-приемников, пронумерованных так: I, Ia, II, III, IV, IVa. Определяют и записывают массу каждого приемника.

Помещают в перегонную колбу 25 г (22,5 мл) исходной смеси (так, чтобы она не попала в отводную трубку) и кипяtilьный камешек, после чего вставляют термометр. Подставляют в качестве приемника колбу I и начинают осторожно нагревать колбу маленьким пламенем горелки (электроплиткой).

Последовательно меняя приемники, собирают три фракции, кипящие в следующих, примерно равных, температурных интервалах:

I — до  $95^{\circ}\text{C}$ , II — от  $95$  до  $110^{\circ}\text{C}$ , III — от  $110$  до  $125^{\circ}\text{C}$ . Когда температура паров достигнет  $125^{\circ}\text{C}$ , прекращают перегонку, дают колбе немного остыть и остаток жидкости переливают в колбу IV (от  $125$  до  $139^{\circ}\text{C}$ ).

На каждой колбе отмечают уровень жидкости, после чего взвешивают колбы и записывают массу каждой фракции.

### Опыт 3. Определение температуры кипения по методу Сиволобова (Способ используется для микроскопических количеств веществ)

Оборудование: прибор для определения температуры плавления с термометром, широкий капилляр (длина 4-5 см, диаметр 3-4 мм), тонкий капилляр (длина 7-10 см, диаметр 0,2-0,5 мм).

Температуру кипения малого количества вещества (0,2-1 мл) удобно определять по методу Сиволобова. Для этого используют прибор для определения температуры плавления (рис.3).

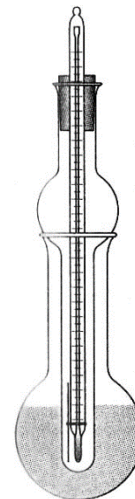


Рис.3. Прибор для определения температуры плавления

#### *Ход работы:*

В широкий капилляр, запаянный с одного конца, помещают несколько капель жидкости и в него вставляют узкий капилляр, запаянный с верхнего конца. Широкий капилляр прикрепляют к термометру резиновым колечком

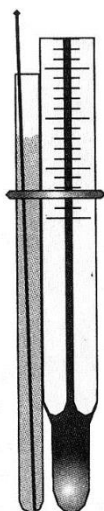


Рис.4. Прибор для определения температуры кипения по Сиволобову

(рис.4). Термометр с капилляром помещают в прибор для определения температуры плавления.

**Медленно** нагревают прибор. При этом из тонкого капилляра начинают выделяться пузырьки воздуха. Когда выделение пузырьков становится быстрым, нагревание прекращают. Очень важно не перегреть прибор, особенно за 10-15°С до температуры кипения вещества.

Наблюдают за охлаждающейся жидкостью и отмечают температуру, при которой происходит внезапное прекращение выделения пузырьков. Эта температура является температурой кипения.

Сравнивают полученный экспериментальный результат с литературными данными (Справочник химика, Т.2) и делают выводы.

#### **Опыт 4. Определение показателя преломления**

Оборудование: прибор для определения показателя преломления — рефрактометр, диэтиловый эфир, вата, стеклянные палочки, исследуемые вещества — ацетон, этанол, этилацетат и др.

Показатель преломления относится к числу весьма важных физических констант, характерных для данного вещества или раствора. Величина его зависит от ряда факторов: чистоты вещества, температуры, длины волны проходящего света и от концентрации вещества (для растворов). Как правило, значение показателя преломления находят при длине волны, соответствующей длине волны желтой линии пламени натрия (D-линия с  $\lambda=589,3$  нм). Для жидких органических веществ показатель преломления изменяется в пределах от 1,3 до 1,8.

Определение показателя преломления осуществляют с помощью рефрактометров. В отечественной практике широко используется рефрактометр ИРФ-22.

Когда луч монохроматического света переходит из одной среды в другую, скорость его изменяется. На границе раздела сред изменяется также его направление (если луч проходит границу раздела не перпендикулярно). Показатель преломления  $n$  представляет собой отношение скоростей света в двух средах (обычно воздух и исследуемая жидкость).

Запись значения показателя преломления сопровождаются указанием длины волны (подстрочный индекс) и температуры (надстрочный индекс), например  $n_D^{20}$ . Повышение температуры на  $1^\circ\text{C}$ , как правило, приводит к уменьшению величины показателя преломления на 0,0005 и наоборот. Этим правилом можно пользоваться при необходимости сопоставления результата измерения со справочными данными, если измерения выполнены при разных температурах. Показатель преломления определяют с точностью до 0,0001.

Определение показателя преломления производится для идентификации веществ (главным образом жидких), для установления их чистоты, для определения концентрации растворов. Значение показателя преломления используется для нахождения величины молекулярной рефракции  $MR_D$ , являющейся важной характеристикой вещества:

$$MR_D = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{\rho}$$

где  $M$  — молекулярная масса;  $\rho$  — плотность.

### Литература:

1. Некрасов В.В. Руководство к малому практикуму по органической химии. — М.: Химия, 1975. — С. 42-49.
2. Гитис С.С., Глаз А.И., Иванов А.В. Практикум по органической химии. — М.: Высш. шк., 1991. — С. 29-33.
3. Руководство к лабораторным занятиям по органической химии: Учебное пособие для вузов/Под ред. Н.А.Тюкавкиной. — М.: Дрофа, 2003. — С. 57-62.
4. Практикум по органической химии. Синтез и идентификация органических соединений/Под ред. О.Ф.Гинзбурга и А.А.Петрова. — М.: Высш. шк., 1989. — С. 28-37.

Пример 2

## Карбонильные соединения

### I. Получение

#### Опыт 1. Образование ацетальдегида при окислении спирта

Материалы: этиловый спирт, бихромат калия (в порошке).

В пробирку с отводной трубкой всыпают 0,5 г бихромата калия, а затем приливают 2 мл разбавленной серной кислоты и 2 мл спирта и смесь встряхивают. Наблюдается разогревание и изменение окраски смеси.

Закрепляют пробирку наклонно в лапке штатива и присоединяют отводную трубку, конец которой погружают почти до дна второй пробирки приемника, содержащей 2 мл холодной воды. Приемник помещают в стаканчик с холодной водой. Осторожно нагревают смесь пламенем горелки, регулируя равномерное кипение смеси, избегая переброса. В течение 2-3 мин объем жидкости в приемнике увеличивается почти вдвое, после чего прекращают нагревание и разбирают прибор.

Отгон в приемнике имеет резкий запах ацетальдегида. Раствор используют для последующих опытов.

## **Опыт 2. Образование альдегидов из спиртов при отщеплении водорода**

Материалы: этиловый спирт, медь металлическая (в виде тонкой проволочной сетки).

К обычной пробирке подбирают корковую пробку. Затем полоску тонкой медной сетки сворачивают в плотный цилиндр длиной 4-5 см, свободно входящий в ту же пробирку, но заполняющий весь ее просвет.

Помещают в сухую пробирку 3 мл исследуемого спирта и 2 мл воды. Затем сильно накаливают свернутую сетку, держа ее тигельными щипцами в пламени горелки, при этом медь чернеет. Быстро вкладывают горячую сетку в пробирку со спиртом и тотчас же **неплотно** закрывают пробирку пробкой. Спирт бурно вскипает, появляется характерный запах альдегида, а медная сетка становится ярко-красной.

Когда бурное кипение спирта прекратится, вставляют пробку плотнее и охлаждают пробирку в стакане с холодной водой. Затем вынимают пробку, переливают жидкость в другую пробирку и добавляют к ней примерно равный объем воды, которой предварительно ополаскивают свернутую сетку в первой пробирке.

Получают водно-спиртовой раствор ацетальдегида (из этилового спирта), который дает все характерные для альдегидов реакции. Применяя такой раствор для последующих опытов, полезно в параллельных пробах убедиться, что исходный спирт не дает этих реакций.

## **Опыт 3. Образование ацетона**

Материалы: ацетат кальция (безводный, в порошке).

Для получения безводного ацетата кальция кристаллическую соль  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  обезвоживают нагреванием до 120-130°C, после чего измельчают.

### **Опыт следует проводить в вытяжном шкафу!**

В пробирку помещают 4-5 г сухого ацетата кальция, присоединяют отводную трубку и укрепляют пробирку в лапке штатива **почти горизонтально** так, чтобы дно пробирки было несколько выше, чем ее отверстие. Легким постукиванием достигают образования канала над слоем соли в пробирке. Отводную трубку погружают почти до дна в пробирку-приемник с 2 мл холодной воды, помещенную в стаканчик с водой.

Пробирку с ацетатом кальция нагревают пламенем горелки сначала осторожно, затем сильнее и, наконец, до красного каления; соль при этом частично обугливается и чернеет. Летучие продукты разложения соли переходят в приемник и первоначальный объем жидкости в нем увеличивается примерно вдвое, после чего прекращают нагревание и сразу же разбирают прибор.

Отгон имеет резкий запах, желтую окраску и дает для ацетона характерную иодоформную реакцию (см. опыты). Если отгон мутный (от частичек смолистых примесей), то фильтруют через маленький складчатый фильтр, предварительно смоченный водой.

После полного остывания реакционной пробирки к ее содержимому добавляют 2-3 мл разбавленной соляной кислоты. Наблюдается обильное выделение оксида углерода (II). При подкислении исходного ацетата кальция газ не выделяется.

## **II. Свойства**

### **Опыт 4. Получение оксима ацетона**

Материалы: ацетон (чистый), гидроксиламина гидрохлорид, карбонат натрия (безводный, в порошке).

В широкую пробирку наливают 7 мл воды и растворяют в ней 2 г солянокислого гидроксиламина и 1,5 г безводной соды, при этом выделяется много углекислого газа. Полученный раствор хорошо охлаждают (лучше в ледяной воде) и при встряхивании добавляют к нему 1,5 мл ацетона. Наблюдается разогревание смеси и снова обильное выделение пузырьков углекислого газа; одновременно из раствора выпадают легкие белые кристаллы оксима ацетона, имеющие своеобразный запах. Смесь охлаждают еще несколько минут, после чего отсасывают и отжимают кристаллы в маленькой воронке с вкладышем, промывают их 2-3 каплями холодного спирта и сушат между листами фильтровальной бумаги.

### **Опыт 5. Взаимодействие ацетона с сульфитом натрия**

Материалы: ацетон (чистый), сульфит натрия (сухое вещество), серная кислота (0,1-0,2 н), раствор фенолфталеина.

0,1 г твердого сульфита натрия растворить в минимальном количестве воды и добавить 1 каплю раствора фенолфталеина; если появляется розовая окраска, то ее уничтожают, осторожно добавляя несколько капель (без избытка) разбавленной кислоты.

В другую пробирку помещают 1 мл воды и 1 каплю раствора фенолфталеина. Затем вносят в обе пробирки по 1-2 капли ацетона. Интенсивное покраснение жидкости, т.е. появление гидроксильных ионов, наблюдается лишь в смеси, содержащей сульфит натрия.

### **Опыт 6. Взаимодействие бензойного альдегида со щелочью (реакция Каницаро-Тищенко)**

Материалы: бензойный альдегид, гидроксид калия (свежеприготовленный 10%-ный спиртовой раствор), дихромат калия в порошке.

Для приготовления спиртового раствора щелочи смешивают 1 мл концентрированного раствора гидроксида калия с 4 мл этилового спирта (ректификата).

**А.** К 1 мл бензальдегида добавляют при встряхивании 5 мл спиртового раствора щелочи. Смесь разогревается и быстро затвердевает (выделяется большое количество кристаллов бензойнокислого калия). Кристаллы отсасывают в воронке со стеклянным вкладышем, отжимают, переносят в пробирку и приливают 4-5 мл воды. При встряхивании кристаллы полностью растворяются. К раствору добавляют 1 мл разбавленной соляной кислоты; образуется осадок бензойной кислоты.

**Б.** Фильтрат, полученный при отделении кристаллов бензойнокислого калия, переливают в пробирку и нагревают на кипящей водяной бане до испарения большей части спирта.

К части остатка, имеющего запах бензилового спирта, добавляют 1-2 мл воды, немного дихромата калия и 1 мл концентрированной серной кислоты. Смесь нагревают и отмечают появление характерного запаха исходного альдегида. К оставшейся части бензилового спирта осторожно, по каплям, добавляют 2 мл концентрированной серной кислоты и нагревают смесь. Наблюдается характерное для бензилового спирта осмоление.

### **III. Качественные реакции**

#### **Опыт 7. Восстановление альдегидами соединений серебра (проба Толленса)**

Материалы: формальдегид, ацетальдегид (полученный в опыте 2), раствор нитрата серебра, раствор аммиака, разбавленный водный раствор щелочи.

Предварительно готовят аммиачный раствор оксида серебра, добавляя к 4-5 мл раствора нитрата серебра разбавленный водный аммиак по каплям до растворения первоначально образующегося осадка.

Раствор альдегида наливают (по 1 мл) в две пробирки и добавляют в каждую пробирку по 1 мл свежеприготовленного аммиачного раствора оксида серебра. В одну из пробирок добавляют еще 2-3 капли разбавленного раствора щелочи. Встряхнув пробирки, ставят их в штатив.

Отмечают, в какой пробирке изменение наблюдается раньше. Если серебро не выделяется, то нагревают пробирки с жидкостью несколько минут на водяной бане до 50-60°C.

Чтобы получить осадок серебра в виде зеркального слоя на стенках пробирки, перед проведением опыта следует тщательно вымыть пробирку горячим раствором щелочи и затем ополоснуть дистиллированной водой.

По окончании работы с аммиачным раствором окиси серебра необходимо сразу же вымыть посуду, находившуюся в работе, а образовавшиеся осадки и налеты на стенках растворить в разбавленной азотной кислоте.

#### **Опыт 8. Восстановление альдегидами соединений двухвалентной меди**

Материалы: формальдегид, ацетальдегид (полученный в опыте 2), сульфат меди (II), разбавленный водный раствор щелочи.

К 1 мл исследуемого альдегида добавляют 0,5 мл разбавленного раствора щелочи и затем по каплям раствор сульфата меди до образования осадка. Полученную смесь нагревают до начала кипения, при этом осадок изменяет свою окраску.

#### **Опыт 9. Реакция альдегидов с реактивом Фелинга**

Материалы: формальдегид, ацетальдегид (полученный в опыте 2), раствор сульфата меди(II), щелочной раствор сегнетовой соли.

Альдегиды жирного ряда восстанавливают двухвалентную медь в одновалентную. В качестве реактива, содержащего ионы меди, применяют реактив Фелинга. Реактив Фелинга готовят перед употреблением, смешивая раствор сульфата меди и щелочной раствор сегнетовой соли (калиево-натриевая соль винной кислоты).

В пробирке готовят реактив Фелинга, сливая по 1 мл исходных растворов (раствор сульфата меди и щелочной раствор сегнетовой соли), и прибавляют несколько капель раствора исследуемого вещества. Верхнюю часть содержимого пробирки нагревают в пламени горелки до начала кипения и наблюдают появление осадка оксида меди (I).

Параллельно проводят реакцию с бензальдегидом, отмечают отличия от алифатических альдегидов.

### **Опыт 10. Реакция альдегидов с фуксинсернистой кислотой (реакция Шиффа)**

Материалы: ацетон, ацетальдегид (полученный в опытах 1, 2), формальдегид, раствор фуксинсернистой кислоты.

Фуксинсернистую кислоту готовят, пропуская оксид серы (IV) через 0,1%-ный раствор фуксина до обесцвечивания.

К 1 мл прозрачного бесцветного раствора фуксинсернистой кислоты добавляют несколько капель водного раствора исследуемого альдегида. Через некоторое время появляется окраска, отмечают ее оттенок. Затем в пробирку добавляют 0,5 мл концентрированной соляной (или разбавленной серной) кислоты и снова отмечают изменения окраски — сразу или через 5-10 минут.

### **Опыт 11. Образование йодоформа из альдегидов и кетонов**

Материалы: ацетон, ацетальдегид (полученный в опытах 1, 2), раствор йода в йодиде калия, раствор гидроксида натрия.

Получение йодоформа возможно из альдегидов и кетонов, в молекулах которых содержится группа  $\text{CH}_3\text{—CO—}$ . Вследствие ничтожной растворимости йодоформа в воде эта реакция очень чувствительна и позволяет, например, обнаружить содержание в воде 0,04% ацетона.

Эта реакция в клинических лабораториях называется пробой Либена и применяется для открытия ацетона в моче.

Вместо растворов альдегидов и ацетона, полученных в предыдущих опытах, можно применять растворы 1-2 каплей чистых веществ - ацетона, ацетальдегида, а также формалина - в 1-2 мл воды.

В пробирку помещают 1 каплю раствора йода в йодиде калия и добавляют почти до обесцвечивания по каплям 10%-ный раствор гидроксида натрия. К обесцвеченному раствору добавляют 1 каплю карбонильного соединения. В некоторых растворах немедленно и без нагревания (или от теплоты рук) образуется лимонно-желтый осадок йодоформа с характерным запахом.

### **Опыт 12. Реакция альдегидов и кетонов с нитропруссидом натрия**

Материалы: ацетон, ацетальдегид, водный раствор нитропруссиды натрия, раствор гидроксида натрия, ледяная уксусная кислота.

Реакция носит название пробы Легала и применяется в клинических лабораториях наряду с йодоформной пробой для открытия ацетона в моче.

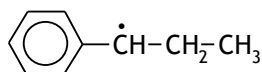
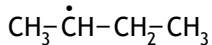
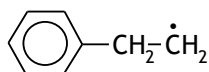
В присутствии нитропруссиды натрия  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$  альдегиды и кетоны, содержащие в молекуле активную метиленовую группу, дают соединения, окрашенные чаще всего в красно-фиолетовый цвет.

В пробирку наливают 1 мл воды и 2-3 капли исследуемого вещества, затем добавляют 1 мл 5%-ного водного раствора нитропруссид натрия и несколько капель 30%-ного раствора гидроксида натрия. Через непродолжительное время, после возникновения легкого окрашивания, добавляют 1-2 капли ледяной уксусной кислоты. Красная или синяя окраска указывает на присутствие метилкетона или альдегида.

#### **Литература:**

1. Некрасов В.В. Руководство к малому практикуму по органической химии. - М.: Химия, 1975. - С.108-123.
2. Практикум по органической химии. Синтез и идентификация органических соединений / Под. ред. О.Ф.Гинзбурга. - М.: Высш. шк., 1989. – С.258-261.
3. Руководство к лабораторным занятиям по органической химии / Под ред. Н.А.Тюкавкиной. – М.: Дрофа, 2003. – С.268-272.





Дайте объяснения.

### Задания для контроля по теме

#### «Получение и свойства алканов, алкенов, алкадиенов, алкинов»

*Пример*

- Получите алкены из следующих соединений:
  - 2-бромбутан
  - бутин-2
  - 2-метил-1-этилпропилсульфат
  - 2,5-диметилциклогексанолНапишите уравнения реакций и укажите их условия.
- Напишите уравнения реакций указанных ниже процессов для 2-метилпропена:
  - окисление кислым раствором перманганата калия
  - хлорирование в водном растворе
  - эпоксидирование
  - гидробромирование в неполярном растворителе ( $\text{CCl}_4$ )
  - взаимодействие с бромсукцинимидом
  - озонирование и дальнейшее восстановительное расщепление продукта озонирования
  - полимеризация
  - гидратацияУкажите условия реакций, где это необходимо, и назовите продукты.
- Соединение  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  при каталитическом гидрировании образует 2-метилбутан. Если же на исходное соединение подействовать бромоводородом в присутствии перекиси и затем полученный продукт нагреть с металлическим натрием, то образуется 2,7-диметилотан. Определите строение соединения  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  и напишите указанные реакции.
- Напишите механизм реакции электрофильного присоединения брома к 2-метилбутену-2.
- Реакции М.И. Коновалова, М.Г. Кучерова, С.В. Лебедева, М.Д. Львова, Е.Е. Вагнера, А.М. Зайцева, А.Е. Фаворского и др. в химии углеводов. Роль русских химиков в развитии органической химии.

### Модуль 1, рубежный контроль

*Пример*

#### **ЧАСТЬ А.** Тестовые задания с выбором одного правильного ответа

При выполнении заданий этой части в бланке ответов №1 под номером выполняемого Вами задания (А1–А8) поставьте цифру, которая соответствует номеру выбранного вами ответа.

А1. Соединение



- 1) 3-метил-2-этилгексен-4
- 2) 3,4-диметилгептен-5
- 3) 4,5-диметилгептен-2
- 4) 4-метил-5-этилгексен-2

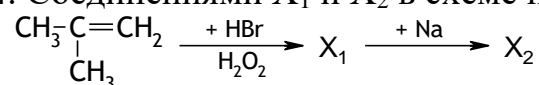
А2. Процесс Фишера-Тропша отражает схема

- 1)  $n\text{C} + (n+1)\text{H}_2 \xrightarrow[\text{Fe}]{470^\circ\text{C}, 250 \text{ атм}} \text{C}_n\text{H}_{2n+2}$
- 2)  $n\text{CO} + (2n+1)\text{H}_2 \xrightarrow{300^\circ\text{C}} \text{C}_n\text{H}_{2n+2} + n\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{C}_n\text{H}_{2n} + \text{H}_2 \xrightarrow[\text{p, t}^\circ]{\text{Pd}} \text{C}_n\text{H}_{2n+2}$
- 4)  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2} \xrightarrow{\text{Cr}_2\text{O}_3} \text{C}_n\text{H}_{2n} + \text{H}_2$

А3. Декарбоксилированием 3-метилбутаноата натрия можно получить

- 1) 2-метилбутан
- 2) 2-метилпропен
- 3) 2,5-диметилгексан
- 4) 2-метилпропан

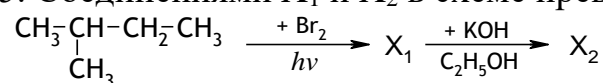
А4. Соединениями  $X_1$  и  $X_2$  в схеме превращений



являются соответственно

- 1) 2-бром-2-метилпропан и октан
- 2) 1-бром-2-метилпропан и 2,5-диметилгексан
- 3) 2-бром-2-метилпропан и 2,2,3,3-тетраметилбутан
- 4) 1-бром-2-метилпропан и октан

А5. Соединениями  $X_1$  и  $X_2$  в схеме превращений



являются соответственно

- 1) 2-бром-2-метилбутан и 2-метилбутен-1
- 2) 2-бром-2-метилбутан и 2-метилбутен-2
- 3) 1-бром-2-метилбутан и 2-метилбутен-1
- 4) 2-бром-3-метилбутан и 2-метилбутен-2

А6. Наиболее вероятным интермедиатом в реакции электрофильного присоединения бромоводорода к 2-метилбутену-1 является

- 1)  $\text{CH}_3\text{-}\overset{\oplus}{\text{C}}\text{H-}\overset{\oplus}{\text{C}}\text{H-CH}_3$   
 $\quad \quad \quad |$   
 $\quad \quad \quad \text{CH}_3$
- 2)  $\text{CH}_3\text{-}\overset{\oplus}{\text{C}}\text{-CH}_2\text{-CH}_3$   
 $\quad \quad \quad |$   
 $\quad \quad \quad \text{CH}_3$
- 3)  $\text{CH}_3\text{-}\overset{\oplus}{\text{C}}\text{-CH}_2\text{-CH}_3$   
 $\quad \quad \quad |$   
 $\quad \quad \quad \text{CH}_3$
- 4)  $\text{CH}_3\text{-}\overset{\oplus}{\text{C}}\text{H-}\overset{\oplus}{\text{C}}\text{H-CH}_3$   
 $\quad \quad \quad |$   
 $\quad \quad \quad \text{CH}_3$

A7. В результате озонирования пентадиена-1,3 и последующего восстановительного расщепления озонида образуются

- 1) уксусный альдегид, углекислый газ и глиоксаль
- 2) уксусная кислота, щавелевая кислота и муравьиная кислота
- 3) этаналь, метаналь и этандиаль
- 4) оксид углерода (IV), этаналь и этандиаль

A8. Наиболее вероятным продуктом электрофильного гидробромирования изопрена при  $t=+80^\circ\text{C}$  является

- 1) 3-бром-2-метилбутен-1
- 2) 4-бром-3-метилбутен-1
- 3) 1-бром-2-метилбутен-2
- 4) 1-бром-3-метилбутен-2

### **ЧАСТЬ В. Задания с кратким ответом**

*В заданиях В1–В2 на установление соответствия запишите в таблицу буквы выбранных Вами ответов, а затем получившуюся последовательность букв перенесите в бланк ответов №1. (Буквы в ответе могут повторяться)*

B1. Установите соответствие между превращением и его механизмом.

ПРЕВРАЩЕНИЕ	МЕХАНИЗМ
1) $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{CCl}_4}$	А) $A_E$
2) $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{500^\circ\text{C}}$	Б) $A_N$
3) $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{H}_2\text{S} \xrightarrow{\text{ROOR}}$	В) $A_R$
4) $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{HBr} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}_2}$	Г) $S_E$
	Д) $S_N$
	Е) $S_R$

B2. Установите соответствие между процессом и его наиболее вероятным продуктом.

ПРОЦЕСС	ПРОДУКТ
1) свободнорадикальное бромирование пропана	А) 2-бромпропен
2) свободнорадикальное гидробромирование пропена	Б) 1,2-дибромпропан
3) свободнорадикальное бромирование пропена	В) 1-бромпропен
4) электрофильное гидробромирование пропена	Г) 3-бромпропен
	Д) 1-бромпропан
	Е) 2-бромпропан

### **ЧАСТЬ С. Задания с развернутым ответом**

Для записи ответов к заданию этой части используйте бланк ответов №2.  
Запишите сначала номер задания, а затем полное решение. Ответы  
записывайте четко и разборчиво.

C1. Напишите механизм реакции аллильного хлорирования бутена-2.

**Контрольная работа №2**  
**«Химические свойства алифатических углеводов»**

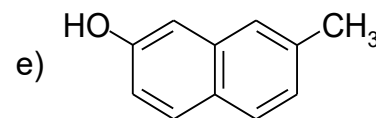
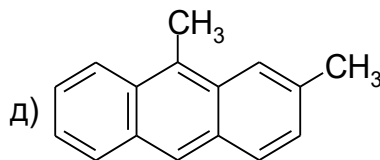
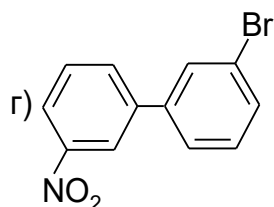
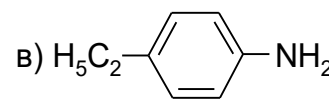
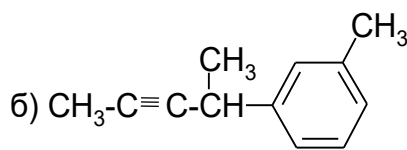
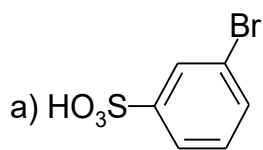
*Пример*

1. Получите алкены из следующих соединений:
  - а) 2-метилпентанол-3
  - б) 2-метилбутан
  - в) 2,3-дибромбутанНапишите уравнения реакций и укажите их условия.
2. Напишите уравнения реакций указанных ниже процессов для 2-метилбутена-2:
  - а) гидратация
  - б) гидробромирование в присутствии пероксида водорода
  - в) гипогалогенирование
  - г) хлорирование в газовой фазе ( $T=500^{\circ}\text{C}$ )
  - д) окисление нейтральным водным раствором перманганата калия при температуре  $0^{\circ}\text{C}$
  - е) озонирование и дальнейшее восстановительное расщепление продукта озонирования
  - ж) гидрохлорирование в неполярном растворителе ( $\text{CCl}_4$ )
  - з) окисление кислым раствором перманганата калия при нагревании.Укажите условия реакций, где это необходимо, и назовите продукты.
3. Напишите уравнения реакций следующих превращений:
  - а) пропин-1 +  $2\text{Br}_2 \longrightarrow$
  - б) бутин-2 +  $\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Hg}^{2+}, \text{H}^+}$
  - в) бутин-1 +  $\text{NaNH}_2 \xrightarrow{\text{NH}_3}$
  - г) этин +  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH} \xrightarrow{t^{\circ}}$
  - д) бутин-1 +  $\text{HBr} \xrightarrow{\text{ROOR}}$
  - е) пентин-2 +  $\text{H}_2 \xrightarrow{\text{Pt}}$
  - ж) пропин +  $\text{CH}_3\text{MgI} \longrightarrow \dots \xrightarrow{\text{Cl-CH}_2\text{-CH=CH}_2}$
  - з) пропин +  $\text{C}_4\text{H}_9\text{Li} \longrightarrow$
  - и) бутен-1-ин-3 + 1 моль  $\text{Br}_2 \longrightarrow$
  - к) пропин +  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow[150^{\circ}\text{C, p}]{\text{KOH}}$
4. Приведите примеры реакций, названных именами русских химиков-органиков.

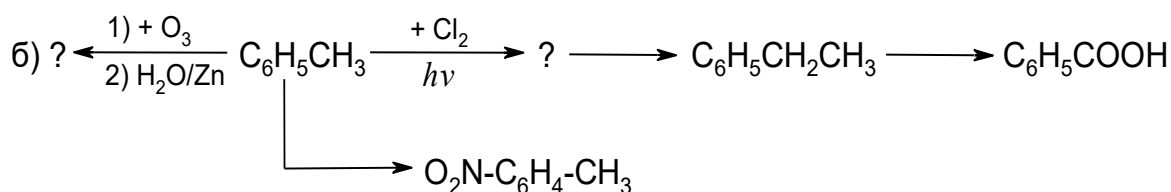
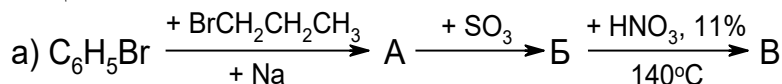
**Контрольная работа №3**  
**«Химические свойства ароматических углеводородов»**

*Пример*

1. Назовите соединения:



2. Осуществите превращения. Назовите все соединения. Укажите условия реакций и их типы.



3. Расположите следующие соединения в порядке убывания легкости бромирования:

- а) бромбензол; б) анилин; в) бензол; г) нитробензол; д) толуол;  
е) бензойная кислота.

Напишите уравнения реакций. Дайте объяснения. Для бензойной кислоты напишите механизм реакции бромирования, объясните ориентирующее действие карбоксильной группы.

4. Исходя из гексана, получите этил(*m*-этилфенил)кетон.

5. Учитывая взаимное влияние заместителей на течение реакций электрофильного замещения, а также особенности строения молекул, напишите уравнения химических реакций:

- а) монобромирования *n*-метилтрифенилметана;  
б) нитрования β-аминонафталина;  
в) бромирования антрацена.

## Контрольная работа №4

### «Химические свойства галогенпроизводных углеводородов»

Пример

1. Напишите уравнения реакций 2-бром-2-метилбутана со следующими реагентами:
  - а) водный раствор щелочи;
  - б) этиловый спирт;
  - в) спиртовой раствор щелочи;
  - г) метантиол (в присутствии  $\text{NaOH}_{\text{тв.}}$ );
  - д) натрий;
  - е) диметиламин;
  - ж) ацетат натрия;
  - з) этилат натрия в этаноле, t;
  - и) нитрит серебра;
  - к) метанол ( $25^\circ\text{C}$ ).Назовите образующиеся продукты. По какому протекают эти реакции?
2. Укажите, какое из соединений — изобутилбромид или *трет*-бутилбромид — даст больший выход продукта замещения в условиях бимолекулярной реакции. Приведите механизм реакции на любом конкретном примере. Дайте объяснения.
3. Следующие соединения расположите в порядке увеличения реакционной способности в реакциях нуклеофильного замещения, протекающих по мономолекулярному механизму: а)  $\text{CH}_3\text{CHBrCH}_3$ ; б)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$ ; в)  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Br}$ ; г)  $(\text{CH}_3)_3\text{CBr}$ . Дайте объяснения.
4. Предскажите главный продукт реакции 2-бромпентана со спиртовым раствором щелочи при нагревании. По какому механизму протекает реакция? Дайте объяснения.

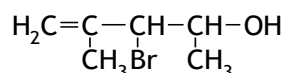
## Модуль 2, рубежный контроль

Пример

### ЧАСТЬ А. Тестовые задания с выбором одного правильного ответа

При выполнении заданий этой части в бланке ответов №1 под номером выполняемого Вами задания (А1–А8) поставьте цифру, которая соответствует номеру выбранного вами ответа.

А1. Соединение  
называется



- 1) 2,4-диметил-3-бромбутен-1-ол-4
- 2) 3-бром-2,4-диметилбутен-1-ол-4

- 3) 2-бром-1,3-диметилбутен-3-ол-1
- 4) 3-бром-4-метилпентен-4-ол-2

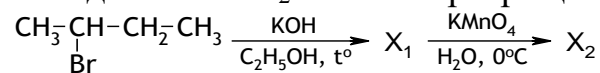
А2. Бимолекулярному механизму нуклеофильного замещения **не** благоприятствует

- 1) сильный нуклеофил
- 2) стерически доступный электронодефицитный центр субстрата
- 3) полярный протонный растворитель
- 4) полярный апротонный растворитель

А3. Ряд, в котором реагенты расположены в порядке увеличения нуклеофильности

- 1)  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{HO}^-$ ;  $\text{CH}_3\text{O}^-$ ;  $\text{S}^{2-}$
- 2)  $\text{S}^{2-}$ ;  $\text{CH}_3\text{O}^-$ ;  $\text{HO}^-$ ;  $\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CH}_3\text{O}^-$ ;  $\text{HO}^-$ ;  $\text{S}^{2-}$
- 4)  $\text{HO}^-$ ;  $\text{CH}_3\text{O}^-$ ;  $\text{S}^{2-}$ ;  $\text{H}_2\text{O}$

А4. Соединением  $\text{X}_2$  в схеме превращений



является

- 1) бутен-2
- 2) этановая кислота
- 3) бутанол-2
- 4) бутандиол-2,3

А5. Основные свойства бромида этилмагния проявляются при его взаимодействии с

- 1) этанолом
- 2) этаналем
- 3) оксидом углерода (IV)
- 4) пропанолом

А6. Для различения первичных, вторичных и третичных спиртов используют реакцию (пробу)

- 1) Джонса
- 2) Дениже
- 3) Лукаса
- 4) Вильямсона

А7. Для получения ароматических кетонов из фенолов используют

- 1) реакцию с хлорангидами карбоновых кислот
- 2) реакцию Кляйзена
- 3) перегруппировку Фриса
- 4) реакцию Реймера-Тимана

А8. Наиболее эффективным промышленным способом получения фенола является

- 1) кумольный
- 2) сплавление сульфатов со щелочами
- 3) гидролиз арилгалогенидов
- 4) гидролиз солей диазония

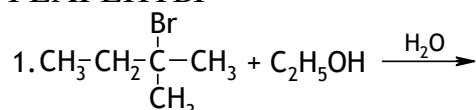
### ЧАСТЬ В. Задания с кратким ответом

В задании В1 на установление соответствия запишите в таблицу буквы выбранных Вами ответов, а затем получившуюся последовательность букв перенесите в бланк ответов №1. (Буквы в ответе могут повторяться)

В1. Установите соответствие между реагентами и продуктами их взаимодействия.

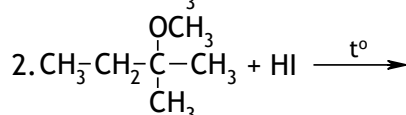
РЕАГЕНТЫ

ПРОДУКТЫ



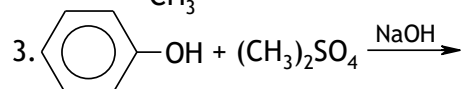
А) анизол

Б) *n*-гидроксibenзолсульфоновая кислота



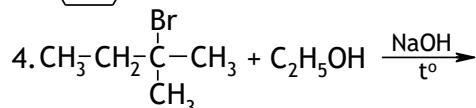
В) 2-метил-2-этоксibутан

Г) 2-метилбyтен-2



Д) 2-йод-2-метилбyтан и метанол

Е) 2-метилбyтанол-2 и йодметан



Ответом к заданию В2 является последовательность букв. Запишите выбранные буквы в алфавитном порядке в бланк ответов №1.

В2. Для реакций, протекающих по мономолекулярному механизму нуклеофильного замещения, характерно:

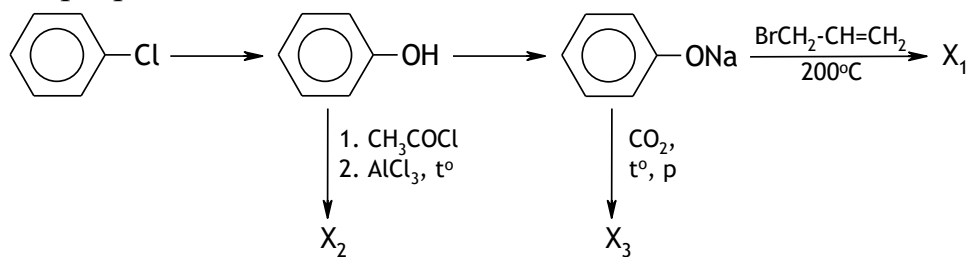
- А) скорость реакции определяется концентрацией субстрата и концентрацией реагента
- Б) скорость реакции определяется только концентрацией субстрата
- В) наличие полярного апротонного растворителя
- Г) наличие полярного протонного растворителя
- Д) наличие неполярного апротонного растворителя
- Е) Вальденовское обращение
- Ж) это синхронный одностадийный процесс
- З) образование устойчивого интермедиата на скоростьлимитирующей стадии

Ответ: \_\_\_\_\_ (Запишите буквы в алфавитном порядке)

### ЧАСТЬ С. Задания с развернутым ответом

Для записи ответов к заданию этой части используйте бланк ответов №2.  
Запишите сначала номер задания, а затем полное решение. Ответы  
записывайте четко и разборчиво.

C1. Напишите уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения:



Где необходимо, укажите условия превращений, назовите органические соединения.

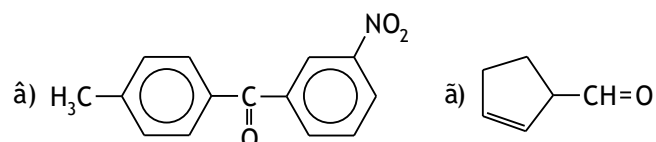
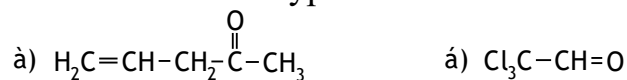
## 5 семестр

### Текущий контроль успеваемости

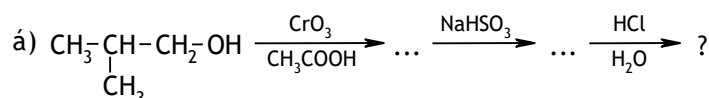
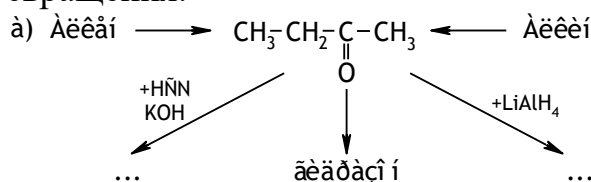
#### Контрольная работа №1 «Карбонильные соединения»

Пример

1. Назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:

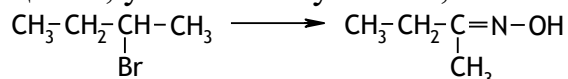


2. Осуществите превращения:

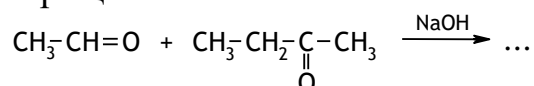


Назовите все соединения.

3. Осуществите превращения, укажите их условия, назовите все соединения.



4. Укажите результат превращения:



Назовите все соединения, напишите механизм этого превращения.

#### Контрольная работа №2 «Карбоновые кислоты и их производные»

Пример

1. Охарактеризуйте влияние заместителей на кислотные свойства замещённых бензойных кислот. Расположите следующие кислоты в порядке возрастания их кислотности: терефталевая кислота, *n*-гидроксibenзойная кислота, бензойная кислота, *n*-нитробензойная кислота. Дайте объяснение полученной закономерности с точки зрения электронных смещений.

2. Осуществите следующие превращения:

Бромэтан → пропановая кислота → пропаноилхлорид → этилпропаноат → пропанамид → этиламин.

Напишите уравнения реакций, укажите условия.

3. Напишите уравнения реакций между следующими реагентами: а) пропановая кислота и гидроксид кальция, б) бензойная кислота и водный раствор аммиака, в) коричная кислота и пентахлорид фосфора, г) акриловая кислота и бромоводород, д) кротоновая кислота и этанол в присутствии каталитических количеств серной кислоты, е) *N*-этилацетамид и литийалюминийгидрид, ж) амид уксусной кислоты и оксид фосфора (V), з) янтарная кислота и карбонат натрия, и) пропилбензоат и водный раствор гидроксида калия, к) *n*-толуиловая кислота и кислый раствор перманганата калия при нагревании.
4. Напишите механизм реакции этерификации пропионовой кислоты и изопропилового спирта.

### Контрольная работа №3

#### «Углеводы»

*Пример*

1. Напишите схемы образования возможных внутренних циклических полуацеталей (циклических форм с 6- и 5-членными циклами) для следующих моносахаридов:

- а) D-талоза,
- б) L-талоза,
- в) D-идоза,

Изобразите схему таутомерного равновесия в растворе моносахарида.

2. Предложите схемы превращения:

- а) – D-ксилоза в D-гулозу,  
- L-аллоза в L-рибозу,
- б) – L-талоза в L-ликсозу,  
- D-арабиноза в D-маннозу,
- в) – D-эритроза в D-арабинозу,  
- L-ксилоза в L-треозу,

Укажите условия всех процессов.

3. Напишите уравнения реакций указанных ниже моносахаридов со следующими соединениями: бромная вода, азотная кислота, водород на катализаторе, гидроксид диамминсеребра, избыток фенилгидразина, уксусный ангидрид, метанол в присутствии хлороводорода, хлористый ацетил, циановодород.

В какой форме реагируют моносахариды в каждой реакции?

- а) L-рибоза,
- б) D-талоза,
- в) L-арабиноза,

4. Напишите формулы двух дисахаридов — восстанавливающего и невосстанавливающего, которые могут быть получены из следующих моносахаридов:

- а)  $\alpha$ ,D-аллопираноза и  $\beta$ ,D-рибофураноза,
- б)  $\beta$ ,L-альтропираноза и  $\beta$ ,D-талофураноза,
- в)  $\alpha$ ,D-маннофураноза и  $\beta$ ,L-гулофураноза,

**Контрольная работа №4**  
**«Азотсодержащие органические соединения»**

*Пример*

1. Расположите в порядке увеличения основности следующие соединения: анилин, *N*-метиланилин, *n*-толуидин, *n*-метоксианилин, пропиламин, *n*-цианоанилин.

Ответ обоснуйте с точки зрения электронных смещений.

Как практически можно доказать основность анилина? Напишите уравнения соответствующих реакций.

2. Напишите уравнения следующих реакций: а) бензиламин и концентрированная серная кислота; б) изопропиламин и нитрит натрия в среде соляной кислоты; в) анилин и хлорангидрид уксусной кислоты в присутствии гидроксида натрия; г) *n*-толуидин и нитрит натрия в среде серной кислоты,  $t=0^{\circ}\text{C}$ ; д) ацетаниlid и нитрующая смесь; е) пропиламин и хлороформ в присутствии гидроксида калия; ж) диэтиламин и нитрит натрия в среде соляной кислоты; з) триэтиламин и 1-бромпропан.

3. Напишите схемы получения пропиламина, исходя из следующих соединений: а) пропанол-1; б) 1-нитропропан; в) 1-бромпропан; г) пропен; д) амид пропионовой кислоты.

4. Восстановление нитросоединений до аминов. Роль Н.Н. Зинина в развитии химии азотсодержащих соединений.

5. Роль гетерофункциональных соединений в процессах жизнедеятельности. Основы здорового образа жизни.

**Модуль 1, рубежный контроль**

**Карбонильные соединения. Реакции нуклеофильного присоединения. Карбоновые кислоты**

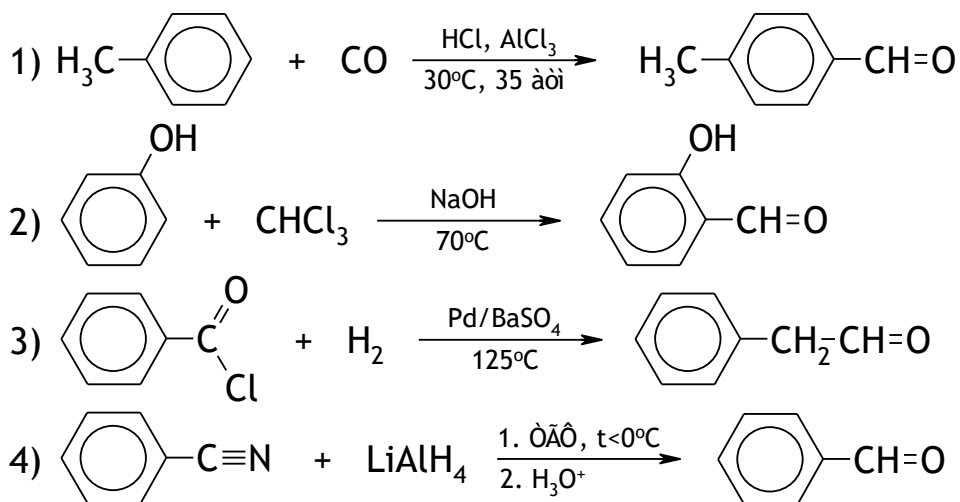
**ЧАСТЬ А.** Тестовые задания с выбором одного правильного ответа

При выполнении заданий этой части в бланке ответов №1 под номером выполняемого Вами задания (A1–A8) поставьте цифру, которая соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1. Систематическое название амида акриловой кислоты:

- 1) амид пропеновой кислоты,
- 2) пропенамид,
- 3) аминокарбонилэтен,
- 4) акриламид.

A2. Получение альдегидов по методу Гаттермана-Коха отражает схема:



A3. Реакция ацетальдегида с циановодородной кислотой протекает в условиях:

- 1) кислотного катализатора,
- 2) основного катализатора,
- 3) кислотного или основного катализатора,
- 4) не требует дополнительных условий.

A4. Выберите ряд, в котором соединения расположены в порядке уменьшения карбонильной активности:

- 1)  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3$ ,  $\text{HCHO}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ ;
- 2)  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3$ ,  $\text{HCHO}$ ;
- 3)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ ,  $\text{HCHO}$ ;
- 4)  $\text{HCHO}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ ,  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3$ .

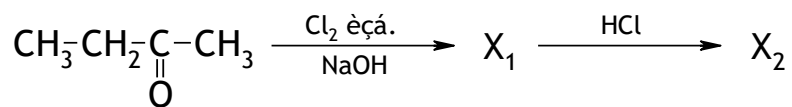
A5. Ацетон реагирует со всеми соединениями ряда:

- 1)  $\text{NH}_2\text{OH}$ ,  $\text{H}^+$ ;  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NaOH}$ ;  $\text{H}_2$ ,  $\text{Ni}$ ;  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $t^\circ$ ;
- 2)  $\text{NH}_2\text{-NH}_2$ ,  $\text{H}^+$ ;  $\text{NaHSO}_3$ ;  $\text{KCN}$ ;  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NaOH}$ ;
- 3)  $\text{H}_2$ ,  $\text{Ni}$ ;  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ ,  $t^\circ$ ;  $\text{NH}_2\text{-NH}_2$ ,  $\text{H}^+$ ;  $\text{PCl}_5$ ;
- 4)  $\text{NH}_2\text{-NH}_2$ ,  $\text{H}^+$ ;  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $t^\circ$ ;  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NaOH}$ ;  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $t^\circ$ .

A6. При взаимодействии пропанона и этаналь в присутствии гидроксида калия с наибольшей вероятностью образуется:

- 1) 4-гидроксипентанон-2,
- 2) 2-гидрокси-3-метилбутаналь,
- 3) 3-гидроксипентанон-2,
- 4) 3-гидрокси-3-метилбутаналь.

A7. Веществом  $\text{X}_2$  в цепочке превращений



является:

- 1) хлороформ,
- 2) пропаноилхлорид,
- 3) пропаноат натрия,
- 4) пропановая кислота.

А8. Оцените справедливость суждений:

А. В реакциях нуклеофильного замещения активацию карбонильной группы в карбоксиле осуществляют протонированием карбонильного атома кислорода;

Б. В реакциях нуклеофильного замещения активацию карбонильной группы в карбоксиле осуществляют превращением гидроксильной группы в хорошо уходящую группу.

- 1) верно только А,
- 2) верно только Б,
- 3) оба суждения верны,
- 4) оба суждения неверны.

## ЧАСТЬ В. Задания с кратким ответом

В заданиях В1–В2 на установление соответствия запишите в таблицу буквы выбранных Вами ответов, а затем получившуюся последовательность букв перенесите в бланк ответов №1. (Буквы в ответе могут повторяться)

В1. Установите соответствие между соединением и его константой ионизации ( $pK_a$ ).

СОЕДИНЕНИЕ	КОНСТАНТА ИОНИЗАЦИИ ( $pK_a$ )
1) бензойная кислота	А) 9,98
2) <i>n</i> -нитробензойная кислота	Б) 4,21
3) <i>n</i> -аминобензойная кислота	В) 4,85
4) фенол	Г) 3,43

В2. Установите соответствие между карбонилсодержащим соединением и продуктом его взаимодействия с бромидом этилмагния.

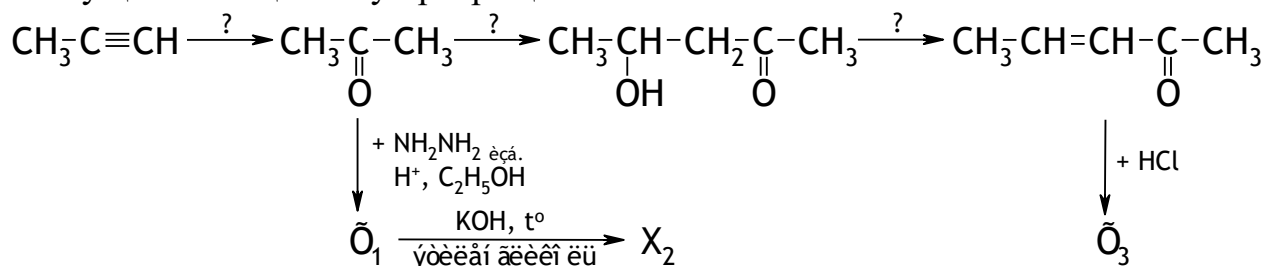
СОЕДИНЕНИЕ	ПРОДУКТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
1) бутанон	А) 3-метилпентанол-3
2) этаналь	Б) бутанол-2
3) оксид углерода (IV)	В) пропановая кислота
4) метаналь	Г) 2-метилпентанол-3
	Д) пропанол-1

## ЧАСТЬ С. Задания с развернутым ответом

Для записи ответов к заданиям этой части (С1) используйте бланк ответов №2. Запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем полное решение. Ответы записывайте четко и разборчиво.

С1. Напишите механизм реакции получения 1,1-диэтоксипропана из пропаналя.

С2. Осуществите цепочку превращений:



## Модуль 2, рубежный контроль

### Азотсодержащие органические соединения

#### ЧАСТЬ А. Тестовые задания с выбором одного правильного ответа.

*При выполнении заданий этой части в бланке ответов №1 под номером выполняемого задания (А1–А8) поставьте цифру, которая соответствует номеру выбранного Вами ответа.*

- А1. Содержание *аци*-нитроформы в равновесной смеси будет наибольшим для соединения:
- 1) 2-нитробутан;
  - 2) фенилнитрометан;
  - 3) 2-метил-2-нитропропан;
  - 4) 1-нитропропан.
- А2. Оцените справедливость суждений.
- А. *Нитроэтан обладает значительно большим дипольным моментом, чем хлорэтан.*
- Б. *Нитроэтан плохо растворим в воде, но растворяется в водных растворах щелочей.*
- 1) верно только А;
  - 2) верно только Б;
  - 3) верны оба суждения;
  - 4) оба суждения неверны.
- А3. Получить амины можно используя все именные реакции, перечисленные в ряду:
- 1) перегруппировка Гофмана, реакция Коновалова, реакция Меншуткина, перегруппировка Курциуса;
  - 2) синтез Габриэля, реакция Зинина, реакция Лейкарта, перегруппировка Лоссена;
  - 3) перегруппировка Курциуса, реакция Шоттена-Баумана, синтез Габриэля, элиминирование по Коупу;
  - 4) расщепление по Гофману, реакция Коновалова, реакция Мейера, реакция Зинина.
- А4. При взаимодействии нитроэтана и ацетона может образоваться:
- 1) 2-метил-3-нитробутен-2 в щелочной среде;
  - 2) 2-метил-3-нитробутен-2 в кислой среде;
  - 3) 4-нитропентанон-2 в щелочной среде;
  - 4) 4-нитропентанон-2 в кислой среде.
- А5. Метиламин реагирует со всеми соединениями ряда:
- 1) соляная кислота, йодэтан, уксусный ангидрид, гидроксид натрия;
  - 2) хлороформ в щелочной среде, уксусная кислота, гидроксид натрия, соляная кислота;
  - 3) азотная кислота, азотистая кислота, уксусная кислота, этиламин;
  - 4) азотистая кислота, хлористый ацетил, йодэтан, хлороформ в щелочной среде.
- А6. Для получения хлорида *n*-толилдиазония необходимо использовать:

- 1) хлорметан, анилин, избыток соляной кислоты, нитрит натрия, температура реакции 5-10°C;
- 2) толуол, метиламин, избыток соляной кислоты, нитрат натрия, температура реакции -10-5°C;
- 3) *n*-метиланилин, избыток соляной кислоты, нитрат натрия, температура реакции 5-10°C;
- 4) *n*-толуидин, избыток соляной кислоты, нитрит натрия, температура реакции -10-5°C;

A7. Диазогруппу в солях диазония можно заместить на все группы ряда:

- 1) —Cl, —OCH<sub>3</sub>, —N<sub>3</sub>, —NO<sub>2</sub>, —H;
- 2) —OH, —CHO, —CN, —NO<sub>2</sub>, —H;
- 3) —I, —SO<sub>3</sub>H, —CH<sub>3</sub>, —F, —Cl;
- 4) —OH, —COCl, —CN, —N<sub>3</sub>, —H.

A8. Для синтеза 4-*N*-метиламино-4'-цианоазобензола необходимо использовать:

- 1) *N*-метиланилин и хлорид *n*-цианофенилдиазония, рН=5;
- 2) *N*-метиланилин и хлорид *n*-цианофенилдиазония, рН=9;
- 3) цианобензол и хлорид *N*-метиламинофенилдиазония, рН=5;
- 4) цианобензол и хлорид *N*-метиламинофенилдиазония, рН=9.

### ЧАСТЬ В. Задания с кратким ответом.

*В задании В1 на установление соответствия запишите в таблицу буквы выбранных Вами ответов, а затем получившуюся последовательность букв перенесите в бланк ответов №1.*

В1. Установите соответствие между соединением и его константой основности (рК<sub>б</sub>, 25°C).

СОЕДИНЕНИЕ	КОНСТАНТА ОСНОВНОСТИ (рК <sub>б</sub> )
1) анилин	А) 13,00
2) <i>n</i> -нитроанилин	Б) 10,00
3) <i>n</i> -метоксианилин	В) 9,38
4) <i>n</i> -броманилин	Г) 8,92

*Ответом к заданию В2 является последовательность цифр. Запишите выбранные цифры в порядке возрастания сначала в текст работы, а затем перенесите его в бланк ответов №1.*

В2. Для метилфениламина характерно:

- 1) может быть получен по методу Габриэля;
- 2) не может быть получен перегруппировкой Гофмана;
- 3) основность выше, чем основность метиламина;
- 4) основность ниже, чем основность метиламина;
- 5) взаимодействует с кислотами с образованием солей;
- 6) с азотистой кислотой образует С-нитрозосоединение;
- 7) с азотистой кислотой образует соль диазония;
- 8) не проявляет N—H-кислотных свойств;
- 9) даёт положительную изонитрильную пробу.

Ответ: \_\_\_\_\_

### **ЧАСТЬ С. Задания с развернутым ответом.**

*Для записи ответов к заданию этой части (С1-С3) используйте бланк ответов №2. Ответы записывайте четко и разборчиво.*

- С1. Расположите соединения каждого ряда в порядке уменьшения их основных свойств (учитывайте только электронный фактор): а) этиламин, диэтиламин, триэтиламин, аммиак, анилин;  
б) анилин, *N,N*-диметиланилин, *n*-метиланилин, *n*-нитроанилин, *m*-нитроанилин, *o*-нитроанилин.
- С2. Предложите схемы синтеза указанных ниже азосоединений исходя из бензола и любых необходимых алифатических и неорганических соединений:  
а) 2-карбоксо-4'-*N,N*-диметиламиноазобензол;  
б) 4-гидрокси-4'-сульфоазобензол.  
Укажите условия реакций.
- С4. Используя реакцию diazotирования, осуществите следующие синтезы:  
а) *m*-нитроанилин → *m*-нитробензойная кислота;  
б) бензол → *m*-нитрофенол.

## **Промежуточная аттестация**

### **Вопросы для подготовки к экзамену по дисциплине «Органическая химия» ЧАСТЬ I**

1. Строение органических соединений. Структурные формулы. Гомология. Изомерия. Принципы номенклатуры органических соединений (рациональная и систематическая номенклатура ИЮПАК). Старшинство заместителей.
2. Стереоизомерия. Оптическая активность и оптические изомеры, их число. Проекционные формулы. D- и L-ряды. R, S-номенклатура.
3. Типы химической связи, типы гибридизации орбиталей атома углерода. Электроотрицательность атомов, поляризация и поляризуемость связей.
4. Индуктивный и мезомерный эффекты. Сверхсопряжение. Понятие о пространственных (стерических) эффектах.
5. Классификация реагентов — электрофильные, нуклеофильные, радикальные. Типы и устойчивость свободных радикалов (алкил-, винил-, аллил-, фенил-, бензил- и др.)
6. Классификация реакций по типу присоединения, отщепления, замещения, по стадийности, по механизму (гетеролитические — электрофильные и нуклеофильные, гомолитические). Понятие о переходном состоянии и механизме реакций.
7. Гомологический ряд алканов. Природа C–H и C–C  $\sigma$ -связей. Конформации алканов. Формулы Ньюмена.

8. Реакционная способность С–Н-связей в алканах. Цепные свободно-радикальные реакции, их закономерности. Галогенирование, сульфохлорирование, нитрование, окисление. Крекинг углеводородов.
9. Общие методы синтеза алканов.
10. Циклоалканы. Типы. Номенклатура. Строение циклогексана. Теория напряжения Байера. Химические свойства циклоалканов в зависимости от величины цикла.
11. Методы синтеза циклоалканов (с помощью дигалогенпроизводных, карбенов, диенов, аренов и др.)
12. Природа двойной связи. Алкены. *Цис*-, *транс*-изомерия, *E*, *Z*-номенклатура.
13. Получение алкенов из алканов, спиртов, галогеналканов. Правило Зайцева.
14. Химические свойства алкенов. Реакции электрофильного присоединения. Понятие о  $\pi$ -комплексах. Присоединение галогенов к алкенам, механизм реакции. Гидрогалогенирование. Правило Марковникова и его современное обоснование. Присоединение бромистого водорода по радикальному механизму. Гипогалогенирование.
15. Окисление алкенов. Реакция Вагнера, Прилежаева. Озонолиз. Каталитическое гидрирование алкенов. Правило Лебедева.
16. Свободно-радикальная и ионная полимеризация алкенов и диенов (полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, натуральный и синтетический каучуки).
17. Реакции по аллильному положению. Аллильное хлорирование (бромирование) и окисление. Делокализация электрона в аллильном радикале.
18. Природа тройной связи и энергия ее образования. Синтез ацетилена. Методы синтеза алкинов.
19. Реакции подвижного водорода ацетилена. Ацетилениды, магнийорганические производные ацетилена.
20. Реакции присоединения к алкинам. Гидратация алкинов (реакция Кучерова), присоединение спиртов, цианистого водорода. Конденсация ацетилена с кетонами и альдегидами (реакция Фаворского, реакция Реппе).
21. Ди-, три-, тетрамеризация ацетилена. Синтез винулацетилена, бензола.
22. Типы диенов. Получение сопряженных диенов. Промышленные методы получения дивинила и изопрена: по Лебедеву, на основе ацетилена, дегидрированием бутана и изопрена.
23. Свойства сопряженных диенов.  $\pi, \pi$ -сопряжение. Реакции 1,4- и 1,2-присоединения (гидрирование, присоединение брома, галогенводородов). Димеризация: диеновый синтез (реакция Дильса-Альдера). Диены и диенофилы.
24. Аллены, строение и свойства.
25. Ароматические соединения. Строение бензола. Понятие ароматичности (правило Хюккеля). Особенности изомерии в ряду бензола. Номенклатура.
26. Свойства ароматических углеводородов. Реакции электрофильного замещения (механизм, реагенты, условия, катализаторы).
27. Правила ориентации в бензольном ядре в реакциях электрофильного замещения. Влияние электронодонорных и электроноакцепторных заместителей. Ориентанты I и II рода. Согласованная и несогласованная ориентация.
28. Условия галогенирования гомологов бензола в ядро и боковую цепь. Галогены

- как ориентанты I рода. Строение и свойства галогенпроизводных ароматического ряда.
29. Нитрование бензола, алкилбензолов, галогенбензолов. Нитрующие агенты. Ориентация. Нитрование гомологов бензола в боковую цепь,
  30. Сульфирование ароматических соединений. Сульфирующие агенты.
  31. Реакция алкилирования ароматических соединений по Фриделю-Крафтсу. Механизм. Алкилирующие агенты. Побочные процессы. Реакция ацетилирования ароматических соединений по Фриделю-Крафтсу.
  32. Реакции бензола, приводящие к неароматическим соединениям: гидрирование, окисление, получение гексахлорциклогексана.
  33. Соединения ряда дифенила. Методы получения, номенклатура, свойства.
  34. Трифенилметан. Получение, строение, свойства. Красители трифенилметанового ряда. Фенолфталеин. Получение, свойства.
  35. Конденсированные ароматические соединения. Нафталин. Антрацен. Фенантрен. Строение и химические свойства. Правила ориентации в реакциях электрофильного замещения в нафталине.
  36. Методы получения ароматических соединений.
  37. Галогенпроизводные углеводородов и методы их получения. Реакции обмена галогенов в алкилгалогенидах.
  38. Реакции нуклеофильного замещения в алкилгалогенидах. Общие закономерности механизмов  $S_N1$  и  $S_N2$ . Стереохимия. Влияние структуры субстрата на скорость и механизм нуклеофильного замещения. Карбониевые ионы и влияние заместителей на их устойчивость. Различия в легкости замещения галогенов в галоидных алкилах, аллилах и винилах. Влияние активности нуклеофила, природы замещаемой группы и растворителя.
  39. Конкуренция реакций замещения и элиминирования. Реакции мономолекулярного и бимолекулярного  $\beta$ -элиминирования.
  40. Взаимодействие алкилгалогенидов с металлами. Синтез Вюрца. Получение магнийорганических соединений, их строение и свойства.
  41. Спирты. Классификация, номенклатура. Кислотность, основность. Алкоголяты.
  42. Нуклеофильное замещение гидроксила в первичных, вторичных, третичных спиртах на галоген-, аминогруппу и др.
  43. Взаимодействие спиртов с кислотами. Образование эфиров. Этерификация.
  44. Дегидратация спиртов. Условия, механизм, побочные процессы.
  45. Непредельные спирты. Виниловые спирты: устойчивость. Правило Эльтекова-Эрленмейера.
  46. Методы получения спиртов.
  47. Свойства алкандиолов. 1,2-этиленгликоль: получение, свойства.
  48. Глицерин. Получение, свойства, применение.
  49. Фенолы. Номенклатура, строение, методы получения, химические свойства (кислотность и основность в сравнении со спиртами; реакции с участием гидроксила, реакции в ароматическое ядро, особенности окисления и восстановления фенолов).
  50. Простые эфиры. Классификация, номенклатура. Синтез по Вильянсону и с помощью серной кислоты из спиртов. Синтез виниловых эфиров.
  51. Химические свойства простых эфиров. Основность, расщепление, образование гидроперекисей. Диэтиловый эфир.

## 52. Диоксан. Оксид этилена, получение и свойства.

### ЧАСТЬ II

1. Типы карбонильных соединений. Номенклатура. Строение карбонильной группы, ее полярность и поляризуемость, электронные эффекты.
2. Реакции нуклеофильного присоединения к альдегидам и кетонам. Отличия альдегидов и кетонов по реакционной способности. Реакции с водой, спиртами, цианистым водородом, бисульфитом натрия.
3. Взаимодействия альдегидов и кетонов с аммиаком, аминами, гидроксиламинами, гидразинами. Оксимы, гидразоны, фенилгидразоны.
4. Реакции альдегидов и кетонов с металлоорганическими соединениями.
5. Восстановление альдегидов и кетонов до углеводов (реакция Кижнера-Вольфа, Клеменсена) и до спиртов. Реакция Тищенко. Окисление альдегидов до кислот. Качественная реакция на альдегиды.
6. Альдольно-кратоновая конденсация. Метиленовая и карбонильная компоненты. Другие типы конденсаций карбонильных соединений.
7. Непредельные альдегиды и кетоны. Присоединение нуклеофильных реагентов (бисульфита натрия, магнийорганических соединений). Окисление и восстановление непредельных альдегидов и кетонов (с сохранением этиленовой связи или карбонильной группы). Кратоновый альдегид. Его химические свойства.
8. Ароматические альдегиды. Особенности строения. Химические свойства. Реакция Канниццаро, конденсация с фенолами, бензоиновая конденсация.
9. Свойства жирноароматических кетонов. Альдольно-кратоновая конденсация. Оксимы — стереохимия, перегруппировка Бекмана.
10. Методы синтеза альдегидов и кетонов (из спиртов, непредельных соединений, по Кучерову с помощью магнийорганических соединений). Формальдегид. Ацетон.
11. Хиноны. Строение, получение, химические свойства, применение.
12. Одноосновные карбоновые кислоты. Типы. Номенклатура. Строение карбоксильной группы. Кислотность. Влияние заместителей на константы диссоциации.
13. Химические свойства насыщенных одноосновных карбоновых кислот. Реакции с основаниями, нуклеофилами. Этерификация.
14. Производные карбоновых кислот (ангидриды, галогенангидриды, амиды, сложные эфиры, соли). Строение. Номенклатура. Получение. Химические свойства, взаимопревращения. Перегруппировка амидов по Гофману.
15. Непредельные монокарбоновые кислоты. Химические свойства  $\alpha$ ,  $\beta$ -непредельных кислот (акриловая, метакриловая). Полимеризация. Полимерные материалы на их основе.
16. Методы синтеза предельных и непредельных карбоновых кислот (из углеводов, галогенпроизводных, спиртов, карбонильных соединений и др.)
17. Дикарбоновые кислоты. Особенности строения и химические свойства.
18. Малоновая кислота. Янтарная кислота. Малоновый эфир. Получение, строение, химические свойства, синтезы с помощью малонового эфира.
19. Оксокислоты, ацетоуксусная кислота. Ацетоуксусный эфир. Кетонное и кислотное расщепление. Синтезы с помощью ацетоуксусного эфира.

20. Гидроксикислоты (молочная, винная и др.) Стереохимия. Химические свойства.
21. Ароматические карбоновые кислоты (бензойная, салициловая и др.) Методы синтеза, получение производных, химические свойства. Аспирин.
22. Фталевые кислоты (фталева, терефталева и др.) Фталевый ангидрид, фталимид. Конденсация фталевого ангидрида с фенолом. Полиэтилентерефталаты.
23. Углеводы. Моносахариды. Стереохимия. D и L-ряды, энантиомеры, дистереомеры, эпимеры, аномеры. Кольчато-цепная таутометрия. Проекционные и перспективные формулы, номенклатура. Гликозидный гидроксил.
24. Монозы. Химические свойства альдоз и кетоз (реакции по карбонильной группе, по гидроксильным группам, гликозидная связь). Взаимные превращения альдоз и кетоз.
25. Дисахариды двух типов — восстанавливающие и не восстанавливающие, Строение, свойства.
26. Полисахариды. Строение крахмала и целлюлозы. Химические свойства. Эфиры клетчатки. Искусственные волокна: вискоза, ацетатное волокно.
27. Нитросоединения алифатического и ароматического рядов. Строение. Химические свойства. Аци-форма нитросоединений.
28. Восстановление нитросоединений в нейтральной, щелочной, кислой средах.
29. Методы получения алифатических и ароматических нитросоединений. Нитрующие агенты.
30. Амины. Классификация. Номенклатура. Строение аминогруппы, электронные эффекты. Основность аминов, влияние природы заместителей.
31. Реакции алкилирования аминов. Условия, реагенты, продукты. Реакционная способность.
32. Реакции ацилирования аминов. Ацилирующие реагенты. Проба Гинсберга на первичные, вторичные и третичные амины.
33. Реакции аминов с альдегидами и кетонами. Основания Шиффа (альдимины).
34. Реакции аминов с кислотами. Сульфирование ароматических аминов. Защита аминогруппы.
35. Реакция аминов с азотистой кислотой (различия между первичными, вторичными и третичными аминами).
36. Соли диазония. Получение, строение, устойчивость. Химические свойства. Диазогидраты, диазотаты.
37. Реакции замещения диазогруппы в ароматических солях диазония (реакции с выделением азота).
38. Реакция азосочетания как электрофильное замещение в ароматическом ядре. Условия, реагенты, продукты. Азокрасители. Получение метиленового оранжевого, конго красного.
39. Методы получения первичных аминов из нитросоединений, галогенпроизводных, спиртов, амидов кислот и др. Перегруппировка Гофмана.
40. Методы получения вторичных и третичных аминов.
41. Сульфокислоты и их производные (соли, хлорангидриды, амиды, эфиры). Номенклатура, строение, свойства, получение.
42. Аминокислоты ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -). Номенклатура, строение, характеристика химических свойств. Получение.

43. Бетаинообразное строение  $\alpha$ -аминокислот. Ионные формы в водных растворах. Оптическая изомерия. Химические реакции по амино- и карбоксильной группам. Понятие о строении и синтезе пептидов и белков.
44. Ароматические гетероциклы. Типы. Строение, электронные эффекты (в сравнении с бензолом).
45. Пятичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом (фуран, тиофен, пиррол). Строение. Химические свойства (в сравнении с бензолом). Получение.
46. Шестичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом. Пиридин. Строение. Реакции электрофильного замещения (нитрование, бромирование, сульфирование). Реакции нуклеофильного замещения (с амидом натрия, с гидроокисью натрия, с фениллитием). Реакции по атому азота (с кислотами, с алкилгалогенидами и др.)
47. Пурин, пиримидин. Строение. Гетероциклические основания в составе нуклеиновых кислот. Нуклеозиды, нуклеотиды. Представления о строении нуклеиновых кислот.

#### IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

ОПК-1. Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений.

Номер задания	Содержание вопроса/задания	Критерии оценивания заданий
1	<b>Для очистки жидких органических соединений используют:</b> А. Перекристаллизацию Б. Возгонку В. Экстракцию Г. Перегонку при атмосферном давлении.	1 балл за правильный ответ
2	<b>Для очистки и идентификации бензойной кислоты используют соответственно:</b> А. Метод перегонки при атмосферном давлении и определение показателя преломления Б. Метод возгонки и определение показателя преломления В. Метод перекристаллизации и определение температуры плавления Г. Метод экстракции и определение молекулярной рефракции.	1 балл за правильный ответ
3	<b>Для осуществления перегонки при атмосферном давлении необходимо использовать следующий набор химической посуды:</b> А. Круглодонная колба, насадка Кляйзена, прямой холодильник, аллонж, приёмники, термометр Б. Колба Кляйзена, обратный холодильник, аллонж, приёмники, термометр В. Колба Вюрца, холодильник Либиха, насадка Дина-Старка, термометр, приёмники Г. Круглодонная колба, насадка Вюрца, холодильник Либиха, аллонж, приёмники, термометр	1 балл за правильный ответ

4	<p>Для качественного определения альдегидной группы в молекуле органического соединения используют реагент:</p> <p>А. Лукаса  Б. Толленса  В. Джонса  Г. Дениже</p>	1 балл за правильный ответ
5	<p>Реагент Толленса – это:</p> <p>А. Оксид хрома (III) в концентрированной серной кислоте  Б. Раствор брома в четырёххлористом углероде  В. Аммиачный раствор оксида серебра  Г. Хлорид цинка в концентрированном водном растворе хлороводорода.</p>	1 балл за правильный ответ
6	<p>Колбу Бунзена используют для:</p> <p>А. Приготовления и хранения растворов  Б. Кипячения растворов  В. Фильтрации при пониженном давлении  Г. Перегонки при атмосферном давлении.</p>	1 балл за правильный ответ
7	<p>Неизвестное вещество X состава <math>C_4H_8O</math> не окисляется гидроксидом меди (II), имеет нейтральную реакцию на лакмус, даёт положительную иодоформную пробу. Веществом X является:</p> <p>А. Бутин-3-ол-1  Б. 3-Метоксипропин  В. Метилвинилкетон  Г. Бутен-3-аль.</p>	1 балл за правильный ответ
8	<p>Неизвестное вещество X обесцвечивает бромную воду, окисляется оксидом меди при нагревании, в ИК-спектре имеет полосу поглощения в области <math>1680-1620\text{ см}^{-1}</math>. Веществом X может быть:</p> <p>А. Циклогексен-3-ол  Б. Бензальдегид  В. Бензойная кислота  Г. Циклогексен</p>	1 балл за правильный ответ
9	<p>Неизвестное вещество X обесцвечивает бромную воду, даёт осадок с аммиачным раствором оксида серебра, в ИК-спектре имеет три полосы поглощения разной интенсивности в области <math>1600-1450\text{ см}^{-1}</math>. Веществом X может быть:</p> <p>А. Циклогексанол  Б. Фенилацетилен  В. Толуол  Г. Фенол.</p>	1 балл за правильный ответ
10	<p>Неизвестное вещество X окисляется аммиачным раствором оксида серебра, при добавлении его водного раствора к свежееосаждённому гидроксиду меди (II), голубой осадок гидроксида растворяется и образуется ярко-синий раствор. Веществом X может быть:</p> <p>А. Пропаналь  Б. Глицерин  В. Сахароза  Г. Глюкоза.</p>	1 балл за правильный ответ
11	<p>Какую массу уксусного альдегида можно получить из 120 л метана, если выход продукта на последней стадии составляет 80%? Ответ укажите в граммах и с точностью до</p>	3 балла

	десятих.	
12	При восстановлении нитробензола массой 1,23 кг было получено 0,772 кг анилина. Рассчитайте массовую долю выхода продукта от теоретически возможного. Ответ укажите в процентах и с точностью до целого значения.	3 балла
13	Приведите три способа получения фенола. Укажите особенности каждого.	3 балла
14	Следующие соединения расположите в порядке возрастания основных свойств: аммиак, этиламин, анилин. Дайте объяснения.	3 балла
15	Следующие соединения расположите в порядке возрастания кислотных свойств: уксусная кислота, пропановая кислота, хлоруксусная кислота. Дайте объяснения.	3 балла
16	Следующие соединения расположите в порядке возрастания активности в реакциях электрофильного замещения: бензол, бензойная кислота, фенол. Дайте объяснения.	3 балла
17	Следующие заместители в ароматическом кольце –СН <sub>3</sub> , –NO <sub>2</sub> , –NH <sub>2</sub> , –Br, –COOH, –CN расположите по группам: 1. Электронодонорные заместители и ориентанты I рода 2. Электроноакцепторные заместители и ориентанты II рода 3. Электроноакцепторные заместители и ориентанты I рода	3 балла
18	Предложите три химических теста для подтверждения структуры акриловой кислоты.	3 балла
19	Укажите необходимые реагенты и условия реакций для превращения толуола в <i>m</i> -бромтолуол, бензилбромид, бензойную кислоту. Напишите уравнения соответствующих реакций.	3 балла
20	Предложите схему синтеза иодбензола в три стадии исходя из нитробензола и используя реакцию diazotирования.	3 балла

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.

Номер задания	Содержание вопроса/задания	Критерии оценивания заданий
1	<p><b>Легковоспламеняющимися являются все вещества ряда:</b>            А. Диэтиловый эфир, бензойная кислота, этилацетат            Б. Ацетон, бензоат калия, четырёххлористый углерод            В. Диэтиловый эфир, ацетон, ацетат натрия            Г. Этилацетат, ацетон, тетрагидрофуран.</p>	1 балл за правильный ответ
2	<p><b>При перегонке легковоспламеняющихся жидкостей в качестве нагревательного элемента используют:</b>            А. Масляную баню            Б. Газовую горелку            В. Водяную баню            Г. Песчаную баню.</p>	1 балл за правильный ответ
3	<p><b>Для осуществления перегонки при атмосферном давлении необходимо использовать следующий набор химической посуды:</b>            А. Круглодонная колба, насадка Кляйзена, прямой холодильник, аллонж, приёмники, термометр            Б. Колба Кляйзена, обратный холодильник, аллонж, приёмники, термометр            В. Колба Вюрца, холодильник Либиха, насадка Дина-Старка, термометр, приёмники            Г. Круглодонная колба, насадка Вюрца, холодильник Либиха, аллонж, приёмники, термометр</p>	1 балл за правильный ответ
4	<p><b>Круглодонные колбы в органическом синтезе используют для:</b>            А. Работ, связанных с нагреванием            Б. Хранения жидкостей            В. Приготовления растворов            Г. Фильтрования.</p>	1 балл за правильный ответ
5	<p><b>Для проведения экстракции используют:</b>            А. Капельные воронки            Б. Делительные воронки            В. Конические воронки            Г. Мензурки.</p>	1 балл за правильный ответ
6	<p><b>Для высушивания твёрдых веществ используют:</b>            А. Прибор Сокслета            Б. Трубку Эмиха            В. Эксикатор            Г. Колбу Фаворского.</p>	1 балл за правильный ответ
7	<p><b>Хроматография используется для:</b>            А. Подтверждения структуры вещества            Б. Идентификации вещества            В. Установления структуры вещества            Г. Разделения, очистки выделения и идентификации веществ.</p>	1 балл за правильный ответ

8	<b>В качестве ацилирующих реагентов не используют:</b> А. Хлорангидриды карбоновых кислот Б. Альдегиды В. Сложные эфиры Г. Карбоновые кислоты.	1 балл за правильный ответ
9	<b>Для получения простых эфиров используют:</b> А. Конденсацию Кляйзена Б. Синтез Вильямсона В. Реакцию этерификации Г. Перегруппировку Фриса.	1 балл за правильный ответ
10	<b>Для реакций, протекающих по механизму бимолекулярного нуклеофильного замещения характерно:</b> А. Наличие субстрата с доступным реакционным центром, сильный нуклеофил, полярный апротонный растворитель Б. Наличие субстрата с доступным реакционным центром, слабый нуклеофил, полярный протонный растворитель В. Наличие сильного основания, разветвлённая структура субстрата, высокая температура Г. Наличие субстрата, способного образовать устойчивый карбокатион, несильный нуклеофил, полярный протонный растворитель.	1 балл за правильный ответ
11	<b>В три стадии осуществите переход этанол → 1-этоксид этанол. Укажите условия всех превращений.</b>	3 балла
12	<b>Осуществите превращения по схеме этаналь → пропанол-2 → изопропилбензоат. Укажите условия всех превращений.</b>	3 балла
13	<b>Осуществите превращения по схеме бутен-2 → бутанол-2 → бутанон → оксим бутанона. Укажите условия всех превращений.</b>	3 балла
14	<b>Осуществите превращения по схеме фенилмагнийбромид → бензойная кислота → бензоилхлорид. Укажите условия всех превращений.</b>	3 балла
15	<b>Осуществите превращения по схеме бензол → нитробензол → анилин → бензол-диазонийхлорид. Укажите условия всех превращений.</b>	3 балла
16	<b>Осуществите превращения по схеме <i>n</i>-метиланилин → <i>n</i>-толуолдиазоний-хлорид → <i>n</i>-бромтолуол → <i>n</i>-бромбензойная кислота. Укажите условия всех превращений.</b>	3 балла
17	<b>Осуществите превращения по схеме <i>n</i>-нитроанилин → <i>n</i>-нитробензолдиазоний-хлорид → <i>n</i>-гидрокси-<i>n'</i>-нитроазобензол. Укажите условия всех превращений и особенности последней реакции.</b>	3 балла
18	<b>Осуществите превращения по схеме</b>	3 балла

	<b>бензальдегид → бензиловый спирт → бензиламин → хлорид метилбензиламмония. Укажите условия всех превращений.</b>	
19	<b>В три стадии осуществите переход ацетилен → ацетилхлорид. Укажите условия всех превращений.</b>	3 балла
20	<b>В три стадии осуществите переход нитробензол → фенол. Укажите условия всех превращений.</b>	3 балла



	Б. 3-Цианоанилин В. 2-Нитрофенол Г. 3-Бромбензальдегид.	
8	<b>Выберите ряд, в котором соединения расположены в порядке увеличения карбонильной активности:</b> А. НСНО, СН <sub>3</sub> СН <sub>2</sub> СНО, СН <sub>3</sub> СН <sub>2</sub> СОСН <sub>3</sub> Б. СН <sub>3</sub> СОСН <sub>3</sub> , СН <sub>3</sub> СН <sub>2</sub> СНО, СН <sub>3</sub> СН <sub>2</sub> СОСН <sub>3</sub> В. СН <sub>3</sub> СОСН <sub>3</sub> , СН <sub>3</sub> СН <sub>2</sub> СНО, НСНО Г. СН <sub>3</sub> СН <sub>2</sub> СОСН <sub>3</sub> , НСНО, СН <sub>3</sub> СН <sub>2</sub> СНО.	1 балл за правильный ответ
9	<b>Бутанон-2 реагирует со всеми соединениями ряда:</b> А. NH <sub>2</sub> -NH <sub>2</sub> , H <sup>+</sup> ; Cu(OH) <sub>2</sub> , t <sup>o</sup> ; KMnO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , t <sup>o</sup> Б. NH <sub>2</sub> OH, H <sup>+</sup> ; Cl <sub>2</sub> , NaOH; H <sub>2</sub> , Ni В. NH <sub>2</sub> -NH <sub>2</sub> , H <sup>+</sup> ; KMnO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , t <sup>o</sup> ; CuO, t <sup>o</sup> Г. H <sub>2</sub> , Ni; [Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]OH, t <sup>o</sup> ; NH <sub>2</sub> -NH <sub>2</sub> , H <sup>+</sup>	1 балл за правильный ответ
10	<b>Диэтиламин реагирует со всеми соединениями ряда:</b> А. Азотная кислота, азотистая кислота, уксусный ангидрид, Б. Азотная кислота, уксусный ангидрид, йодметан В. Азотная кислота, азотистая кислота, гидроксид натрия Г. Азотистая кислота, йодметан, бромоводород.	1 балл за правильный ответ
11	<b>На примере взаимодействия бромэтана с водным раствором щёлочи изложите сущность механизма бимолекулярного нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода.</b>	3 балла
12	<b>На примере взаимодействия 2-бром-2-метилпропана с водным раствором щёлочи изложите сущность механизма мономолекулярного нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода.</b>	3 балла
13	<b>На примере взаимодействия бензола с бромэтаном в присутствии катализатора изложите сущность механизма электрофильного замещения в ароматическом ряду.</b>	3 балла
14	<b>Охарактеризуйте влияние заместителей в ароматическом ядре на протекание реакций электрофильного замещения.</b>	3 балла
15	<b>При взаимодействии бензола с 1-бромпропаном в присутствии хлорида железа (III) была получена смесь моно- и ди-замещённых бензолов с преобладанием изопропилбензола и 1,4-диизопропилбензола. Объясните этот результат.</b>	3 балла
16	<b>При взаимодействии пропена с бромоводородом в полярном растворителе образуется 2-бромпропан. При взаимодействии этих же реагентов, но в присутствии пероксида водорода образуется 1-бромпропан. Объясните эти результаты.</b>	3 балла
17	<b>При взаимодействии пропена с хлором в четырёххлористом углероде при комнатной температуре образуется 1,2-дихлорпропан. При взаимодействии этих же реагентов, но при температуре 450°С образуется 3-хлорпропен и выделяется хлороводород. Объясните эти результаты.</b>	3 балла
18	<b>Реакции нуклеофильного присоединения по</b>	3 балла

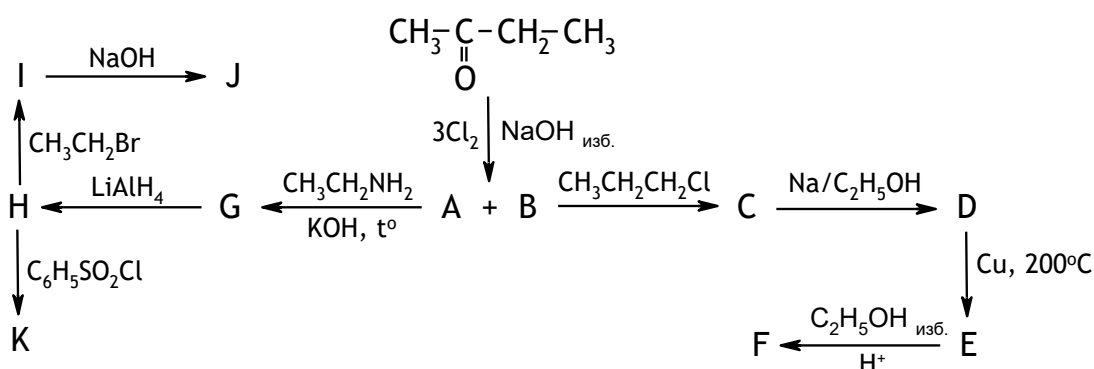
	карбонильной группе часто требуют присутствия кислотного катализатора. Но в случае использования <i>N</i> -нуклеофилов повышенная кислотность может значительно снизить скорость реакции. Объясните эти факты.	
19	Реакция диазотирования представляет собой взаимодействие первичных ароматических аминов с солями азотистой кислоты в избытке сильной кислоты при поддержании низкой температуры. Чем объясняются такие условия этой реакции?	3 балла
20	Азосочетание – взаимодействие солей диазония с ароматическими соединениями, содержащими сильные электронодонорные группы (фенолы, ароматические амины и их производные), что приводит к образованию азосоединений. Реакция требует соблюдения определённых значений pH среды. Чем обусловлены такие особенности этой реакции?	3 балла

**Макет экзаменационного билета по дисциплине  
«Органическая химия»**

1. Напишите уравнения реакций между следующими соединениями в указанных условиях:
- изомаляновый альдегид и фенилгидразин в кислой среде;
  - пропаналь и метилэтилкетон в присутствии щелочи;
  - конденсация этилацетата в присутствии этилата натрия;
  - нагревание бутанамида в присутствии пентаоксида фосфора;
  - коричная кислота и бромоводород;
  - нагревание ( $t \sim 150^\circ\text{C}$ ) 2-гидроксибутановой кислоты;
  - нагревание пировиноградной кислоты с разбавленной серной кислотой;
  - $\alpha, D$ -галактопираноза с йодэтаном и кислотный гидролиз образующегося соединения;
  - диметилэтиламин и серная кислота;
  - бромид *o*-толилдиазония и йодид калия.
- Назовите все образующиеся соединения.

2. Напишите уравнения реакций получения следующих соединений:
- ацетон пиролизом соли соответствующей карбоновой кислоты;
  - изомаляновая кислота из малонового эфира;
  - D*-ксилоза из *D*-идозы;
  - пропиламин из 1-бромпропана;
  - 4-гидрокси-3-метокси-4'-нитроазобензол из соответствующих диазо- и азосоставляющих.
- Укажите условия всех превращений.

3. Осуществите превращения, назовите все соединения.



4. Реакция диазотирования. Укажите условия реакции, диазотирующие агенты. Рассмотрите механизм реакции на любом конкретном примере.

## Примерный перечень тем для курсовых работ по дисциплине

### «Органическая химия»

1. Конструктивные реакции в органической химии
2. Типы химических связей в органических соединениях
3. Кислотно-основные свойства органических соединений
4. Типы кислот в органической химии
5. Органические основания
6. Катализаторы гидрирования и дегидрирования
7. Интермедиаты органических реакций
8. Реагенты в органических реакциях
9. Растворители в органических реакциях
10. Методы качественного анализа органических соединений
11. Методы количественного анализа органических соединений
12. Магнийорганические соединения
13. Применение магнийорганических соединений в органическом синтезе
14. Реакции нуклеофильного замещения в ароматическом ряду
15. Строение и цвет органических соединений
16. Катализаторы и каталитические реакции в органической химии
17. Перегруппировки с участием азотсодержащих соединений
18. Перегруппировки с участием кислородсодержащих соединений
19. Перегруппировки в органической химии
20. Кислородсодержащие пятичленные циклы с одним гетероатомом
21. Азотсодержащие шестичленные циклы с одним гетероатомом
22. Реакции конденсации
23. Двухосновные кислоты и их производные
24. Сопряженное присоединение к  $\alpha,\beta$ -непредельным соединениям
25. Нуклеофильные перегруппировки к электронодефицитному азоту.
26. Вклад русских химиков-органиков в развитие науки.

## Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

## Рекомендуемая литература

## Основная литература:

1. Реутов О.А. Органическая химия: учебник. Ч. 1: Органическая химия: в 4 ч. Ч. 1 / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. – 9-е изд. – Москва: Лаборатория знаний, 2021. – 570 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/166749>
2. Реутов О.А. Органическая химия: учебник. Ч. 2: Органическая химия: в 4 ч. Ч. 2 / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. – 10-е изд. – Москва: Лаборатория знаний, 2021. – 626 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/166750>
3. Реутов О.А. Органическая химия: учебник. Ч. 3: Органическая химия: в 4 ч. Ч. 3 / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. – 8-е изд. – Москва: Лаборатория знаний, 2021. – 547 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/166751>
4. Реутов О.А. Органическая химия: учебник. Ч. 4: Органическая химия: в 4 ч. Ч. 4 / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. утин. – 7-е изд. – Москва: Лаборатория знаний, 2021. – 729 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/166752>

## Дополнительная литература:

5. Дрюк В.Г. Органическая химия: учебное пособие для вузов / В.Г. Дрюк, В.Г. Карцев, В.П. Хиля. - 3-е изд. – Электрон. дан. – Москва: Юрайт, 2021. – 502 с. – (Высшее образование). – URL: <https://urait.ru/bcode/474456>
6. Перевалов В.П. Тонкий органический синтез: проектирование и оборудование производств: учебное пособие для вузов / В.П. Перевалов, Г.И. Колдобский. – 2-е изд. – Электрон. дан. – Москва: Юрайт, 2021. – 312 с. – (Высшее образование). – URL: <https://urait.ru/bcode/473022>
7. Шабаров Ю.С. Органическая химия [Электронный ресурс] / Ю.С. Шабаров. - 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 848 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/210716>
8. Галочкин А.И. Органическая химия. Книга 1. Теоретические основы. Ациклические углеводороды [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / А.И. Галочкин, И.В. Ананьина; – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 436 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/201173>
9. Галочкин А.И. Органическая химия. Книга 2. Карбоциклические и элементоорганические соединения. Галогено- и гидроксипроизводные углеводородов [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.И. Галочкин, И.В. Ананьина. - 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 404 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/206069>
10. Галочкин А.И. Органическая химия. Книга 3. Азотсодержащие и карбонильные соединения. Карбоновые кислоты и их производные [Электронный ресурс] / А.И. Галочкин, И.В. Ананьина. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 432 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/195480>
11. Щеголев А.Е. Органическая химия. Механизмы реакций [Электронный ресурс] / А.Е. Щеголев, Н.М. Чернов. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 132 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/215771>

12. Шабаров Ю.С. Органическая химия [Электронный ресурс] / Ю.С. Шабаров; Шабаров Ю.С. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 848 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/210716>
13. Иванов В.Г. Органическая химия: учебник / В.Г. Иванов, В.А. Горленко, О.Н. Гева; Московский педагогический государственный университет. – Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2022. – 560 с. – (Высшее образование: Магистратура). – ВО – Бакалавриат. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?id=417873>

**Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			
3.			