

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Щёкина Вера Витальевна

Должность: Ректор

Дата подписания: 14.15.2021 08:38:31

Уникальный программный ключ:

a2232a55157e576551a8999bf1f90892af53989420420336ffbf573a434657189



## МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«Благовещенский государственный педагогический университет»

### ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

Рабочая программа дисциплины

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан естественно-географического  
Факультета ФГБОУ ВО «БГПУ»

 И.А. Трофимцова  
«28» апреля 2021 г.

### Рабочая программа дисциплины ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Направление подготовки  
**05.03.06 ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

Профиль  
**«ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»**

Уровень высшего образования  
**БАКАЛАВРИАТ**

Принята на заседании кафедры химии  
(протокол № 7 от «14» апреля 2021 г.)

Благовещенск 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....</b>	<b>3</b>
<b>2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ) .....</b>	<b>5</b>
<b>4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>9</b>
<b>5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>12</b>
<b>6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА.....</b>	<b>43</b>
<b>7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ.....</b>	<b>58</b>
<b>8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ .....</b>	<b>58</b>
<b>9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ .....</b>	<b>59</b>
<b>10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА .....</b>	<b>59</b>
<b>11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ .....</b>	<b>61</b>

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

**1.1 Цель дисциплины:** сформировать фундаментальные знания в области органической химии.

**1.2 Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Органическая химия» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1 (Б1.О.15).

Для освоения дисциплины «Органическая химия» обучающиеся используют знания, умения, сформированные на школьном уровне обучения, а также в ходе изучения дисциплины «Основы общей химии».

**1.3 Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций: ОПК-1:**

- **ОПК-1.** Способен применять базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле, естественнонаучного и математического циклов при решении задач в области экологии и природопользования, индикаторами достижения которой являются:

- ОПК-1.1 Понимает основные принципы, законы, методологию физики, математики, химии, биологии, географии.
- ОПК-1.2 Владеет общенациональной терминологией; использует фундаментальные понятия наук о Земле, естественнонаучного и математического циклов в своей профессиональной деятельности.

**1.4 Перечень планируемых результатов обучения.** В результате изучения дисциплины студент должен

**-знать:**

- основы качественного анализа органических соединений;
- основные современные методы исследования органических веществ;
- методы и способы обработки информации результатов химического эксперимента, результатов наблюдений и измерений;
- информационные источники справочного, научного, нормативного характера;
- основные химические понятия;
- основные законы химии;

**-уметь:**

- проводить анализ органических соединений, интерпритировать полученные результаты;

- обрабатывать, анализировать, обобщать результаты наблюдений и измерений;
- выявлять связь между физическими и химическими процессами, между строением и свойствами органических веществ,

- решать задачи, используя принципы и методы органической химии;
- объяснять и анализировать на основе экспериментальных данных свойства веществ и процессы, протекающие при их взаимодействии;
- ставить химический эксперимент, анализировать и оценивать лабораторные исследования;

- применять основы и особенности правил техники безопасности при проведении химического эксперимента с органическими веществами;

- называть органические вещества по разным типам номенклатур;
- выполнять химический эксперимент по распознаванию важнейших органических веществ;

**-владеть:**

- навыками систематизировать, анализировать результаты химических экспериментов;

- основными законами изомерии органической химии и применять их при решении задач, при анализе экспериментальных данных, полученных при исследовании

ний;

- навыками постановки эксперимента, анализа и оценки результатов лабораторных исследований;
- методами определения возможности протекания химических превращений в различных условиях и оценки их последствий;
- способами безопасного обращения с горючими и токсичными веществами, лабораторным оборудованием.

**1.5 Общая трудоемкость дисциплины «Органическая химия»** составляет 5 зачетных единиц (далее – ЗЕ) (180 часов).

Программа предусматривает изучение материала на лекциях и лабораторных занятиях. Предусмотрена самостоятельная работа студентов по темам и разделам. Проверка знаний осуществляется фронтально, индивидуально.

### **1.6 Объем дисциплины и виды учебной деятельности**

#### **Объем дисциплины и виды учебной деятельности**

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Всего часов</b>	<b>Семестр 5</b>
Общая трудоемкость	180	180
Аудиторные занятия	86	86
Лекции	44	44
Лабораторные работы	42	42
Самостоятельная работа	58	58
Вид итогового контроля	36	экзамен

## **2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ**

### **Учебно-тематический план**

<b>№ п/п</b>	<b>Название разделов (тема)</b>	<b>Всего часов</b>	<b>Аудиторные занятия</b>		<b>Самостоятельная работа</b>
			<b>Лекции</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Теоретические основы органической химии</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
	Тема 1.1 Современная теория строения органических соединений.	4	2		2
	Тема 1.2 Изомерия органических соединений	4	2		2
	Тема 1.3 Техника безопасности при работе в лаборатории органической химии. Качественный элементный анализ органических соединений	6		4	2
<b>2</b>	<b>Раздел 2 Алифатические углеводороды и их производные</b>	<b>47</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>15</b>
	Тема 2.1 Алканы	8	2	4	2
	Тема 2.2 Циклоалканы	4	2		2
	Тема 2.3 Алкены	6	2	2	2
	Тема 2.4 Алкадиены	4	2		2
	Тема 2.5 Алкины	6	2	2	2
	Тема 2.6 Галогенопроизводные алифатических углеводородов	8	2	4	2
	Тема 2.7 Спирты и простые эфиры	8	2	4	2
	Тема 2.8 Тиолы	3	2		1
<b>3</b>	<b>Раздел 3 Ароматические углеводороды</b>	<b>19</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>

	<b>и их производные</b>				
	Тема 3.1 Ароматические углеводороды	8	2	2	4
	Тема 3.2 Реакции электрофильного замещения в ароматическом ряду	3	2		1
	Тема 3.3 Фенолы	8	2	2	4
<b>4</b>	<b>Раздел 4 Альдегиды, кетоны и карбоновые кислоты</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
	Тема 4.1 Альдегиды и кетоны	10	6	4	4
	Тема 4.2 Карбоновые кислоты и их производные	10	2	4	4
	Тема 4.3 Непредельные карбоновые кислоты и жиры	10	2	4	4
<b>5</b>	<b>Раздел 5 Азотсодержащие органические соединения</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
	Тема 5.1 Амины	6	2	2	2
	Тема 5.2 Аминокислоты, пептиды и белки	8	2	2	4
<b>6</b>	<b>Раздел 6 Углеводы</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
	Тема 6.1 Моносахариды	6	2	2	2
	Тема 6.2 Полисахариды	8	2	2	4
<b>7</b>	<b>Раздел 7 Гетероциклические соединения</b>	<b>8</b>	<b>4</b>		<b>4</b>
	Тема 7.1 Пятичленные гетероциклы	4	2		2
	Тема 7.2 Шестичленные гетероциклы	4	2		2
	Итого	144	44	42	58
	Экзамен	36			
	<b>Итого</b>	<b>180</b>	<b>44</b>	<b>42</b>	<b>58</b>

#### Интерактивное обучение по дисциплине

№	Тема занятия	Вид занятия	Форма интерактивного занятия	Кол-во часов
1	Тема 2.5 Алкины	ЛБ	Работа в малых группах	4
2	Тема 3.3 Фенолы	ЛБ	Работа в малых группах	4
3	Тема 4.1 Альдегиды и кетоны	ЛБ	Работа в малых группах	4
4	Тема 4.2 Карбоновые кислоты и их производные	ЛБ	Работа в малых группах	4
	<b>Всего</b>			<b>16/86(18%)</b>

### 3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ)

#### Раздел 1. Теоретические основы органической химии

**Тема 1.1 Современная теория строения органических соединений.** Гибридизация атомных орбиталей. Виды гибридизации. Тетраэдрическая гибридизация ( $sp^3$ -гибридизация). Распределение электронной плотности в гибридной орбитали. Электронное строение и углы между направлением валентностей в молекулах этана, пропана и других углеводородов.

Тригональная гибридизация ( $sp^2$ -гибридизация). Модель соединения с двойной связью, схема  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей, углы между направлением валентностей в молекулах этилена, пропилена, бутадиена.

Диагональная гибридизация ( $sp$ -гибридизация). Модель соединений с тройной связью

зью, схема  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в молекулах ацетилена.

Энергия, длина и поляризуемость простой, двойной и тройной связи в этане, этилене и ацетилене. Зависимость значений электроотрицательности и длины ковалентного радиуса от валентного состояния атома. Энергия, длина и полярность связей С-Нв алканах, алкенах и алкинах.

**Тема 1.2 Изомерия органических соединений.** Структурная изомерия. Примеры (изомерия углеродного скелета, положения функциональной группы, таутомерия).

Стереоизомерия: конфигурационная и конформационная. Конфигурационная изомерия: оптическая и геометрическая.

Оптическая изомерия. Соединения с одним асимметрическим атомом углерода, энантиомеры (антиподы), рацематы. Проекционные формулы Фишера, знак вращения и конфигурация.

Геометрическая изомерия (цис, транс или Z, E) на примере 2-бутена. Конформационная изомерия. Причина заторможенного вращения вокруг  $\sigma$ -связи. Конформация, конформационный изомер. Заслоненные и заторможенные конформации этана и 1,2-дихлорэтана.

Теория электронных смещений. Два вида индуктивных эффектов: -I, +I. Зависимость значения I-эффекта от типа заместителя. Затухание индуктивного эффекта по цепи  $\sigma$ -связей. Влияние индуктивного эффекта на физические и химические свойства.

Мезомерный эффект. Перераспределение электронной плотности в системе  $\pi$ -связей. Стабилизация системы. Неполярный (M) и полярные (+M,-M)-эффекты.

Предельные структуры, мезоформы с изогнутыми стрелками и выровненными связями. Энергия мезомерии.

**Тема 1.3 Качественный анализ органических соединений.** Способы выделения индивидуальных веществ. Качественный и количественный анализ органических соединений. Установление строения физико-химическими методами.

## Раздел 2 Алифатические углеводороды и их производные

**Тема 2.1 Алканы.** Природа С - С и С-Н связей в алканах. Природные источники алканов. Методы синтеза: гидрирование непредельных углеводородов, синтез через литийдиалкилкупраты, электролиз солей карбоновых кислот, восстановление карбонильных соединений. Химические свойства: галогенирование (хлорирование, бромирование, иодирование, фторирование). Сульфохлорирование. Термический и каталитический крекинг. Наиболее важные представители. Экологические аспекты.

**Тема 2.2 Циклоалканы.** Классификация алициклов. Энергия напряжения циклоалканов. Строение циклопропана. Конформации циклогексана. Аксиальные и экваториальные связи в конформации "кресло" циклогексана.

Методы синтеза малых и обычных циклов. Особенности химических свойств (гидрирование, галогенирование, гидрогалогенирование, окисление).

**Тема 2.3 Алкены.** Природа двойной связи. Методы синтеза: элиминирование галогеноводорода из алкилгалогенидов, воды из спиртов, восстановление алкинов. Ряд стабильности алкенов, выведенный на основе теплот гидрирования. Гетерогенное и гомогенное гидрирование алкенов. Наиболее важные представители. Экологические аспекты.

Электрофильное присоединение ( $Ad_E$ ). Общее представление о механизме реакций,  $\pi$ - и  $\sigma$ -комплексы, ониевые ионы. Стерео- и региоселективность. Правило Марковникова. Галогенирование: механизм, стереохимия. Гидрогалогенирование. Гидратация.

Окисление алкенов до оксиранов (по Прилежаеву) и до диолов по Вагнеру ( $KMnO_4$ ). Озонолиз алкенов, окислительное и восстановительное расщепление озонидов.

Радикальные реакции: присоединение бромистого водорода по Харашу и аллильное галогенирование по Циглеру.

**Тема 2.4 Алкадиены.** Типы диенов. Аллены, сопряженные диены. Методы синтеза 1,3-диенов: дегидрирование алканов, дегидратация 1,4-диолов.

Бутадиен-1,3, особенности строения. Галогенирование и гидрогалогенирование 1,3-

диенов. Аллил-катион. 1,2- и 1,4-присоединение. Реакция Дильса-Альдера.

Полимеризация алкенов и сопряжённых диенов.

**Тема 2.5 Алкины.** Природа тройной связи. Методы синтеза алкинов. Электрофильное присоединение к алкинам. Сравнение реакционной способности алкинов и алкенов. Галогенирование, гидрогалогенирование, гидратация (Кучеров).

Восстановление алкинов до цис - и транс-алкенов.

C-H-кислотность ацетилена, понятие о карбанионах. Ацетилениды натрия и меди, магнийорганические производные алкинов. Наиболее важные представители. Экологические аспекты.

**Тема 2.6 Галогенопроизводные алифатического ряда.** Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода в алкилгалогенидах, как метод создания связи углерод-углерод, углерод-азот, углерод-кислород, углерод-серы, углерод-фосфор (получение алкилгалогенидов, спиртов, тиолов, простых эфиров, нитросоединений, аминов, нитрилов, сложных эфиров и др.).

Основные характеристики  $S_N1$ ,  $S_N2$  реакций. Карбокатионы, факторы, определяющие их устойчивость.

Методы получения галогеналканов из алканов, алкенов, спиртов.

Эlimинирование. Правила Зайцева и Гофмана. Использование реакций эlimинирования для синтеза алкенов, диенов и алкинов. Наиболее важные представители. Экологические аспекты.

**Тема 2.7 Спирты и простые эфиры.** Одноатомные спирты. 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). Дегидратация спиртов.

Окисление первичных спиртов до альдегидов и карбоновых кислот, вторичных спиртов до кетонов.

Двухатомные спирты. Методы синтеза. Свойства. Глицерин. Окисление глицерина. Эфиры глицерина и органических и неорганических кислот.

Простые эфиры. Методы получения: реакция Вильямсона, межмолекулярная дегидратация спиртов. Свойства простых эфиров: образование оксониевых солей, расщепление кислотами. Наиболее важные представители. Экологические аспекты.

**Тема 2.8 Тиолы.** Тиоспирты. Особенности строения, получение, свойства.

**Раздел 3 Ароматические углеводороды**

**Тема 3.1 Ароматические углеводороды.** Строение бензола. Формула Кекуле. Правило Хюкеля. Энергия мезомерии (резонанса).

Получение бензола. Химические свойства (реакции присоединения, каталитическое гидрирование безола, окисление).

Гомологи бензола. Номенклатура, изомерия. Получение ароматических углеводородов в промышленности - каталитический реформинг нефти, переработка коксового газа и каменноугольной смолы.

Лабораторные методы синтеза: реакция Вюрца-Фиттига, алкилирование бензола и аренов по Фриделю-Крафтсу.

Реакции замещения водорода в боковой цепи алкилбензолов на галоген. Окисление алкилбензолов до карбоновых кислот.

Конденсированные ароматические углеводороды: нафталин, фенантрен, антрацен. Наиболее важные представители. Экологические аспекты.

**Тема 3.2 Реакции электрофильного замещения в ароматическом ряду.** Электрофильное замещение в ароматическом ряду. Общие представления о механизме реакций,  $\pi$  - и  $\sigma$  - комплексы.

Влияние заместителя на скорость и направление электрофильного замещения. Согла-

сованная и несогласованная ориентация.

**Тема 3.3 Фенолы.** Методы получения: щелочное плавление аренсульфонатов, замещение галогена на гидроксил, гидролиз солей арендазония. Кумольный метод получения фенола в промышленности.

Свойства: фенолы как OH - кислоты, влияние заместителей на кислотность фенолов. Реакции электрофильного замещения в ароматическом ядре фенолов: галогенирование, сульфирование, нитрование, алкилирование. Карбоксилирование фенолятов щелочных металлов по Кольбе. Формилирование фенолов, образование салицилового альдегида. Окисление фенолов. Хиноны. Наиболее важные представители. Экологические аспекты.

#### **Раздел 4 Альдегиды, кетоны и карбоновые кислоты**

**Тема 4.1 Альдегиды и кетоны.** Методы получения альдегидов и кетонов из спиртов, алkenов (озонолиз), алкинов. Ацилирование и формилирование аренов. Промышленное получение формальдегида, ацетальдегида (Вакер-процесс) и высших альдегидов (гидроформилирование).

Строение карбонильной группы. Общие представления о механизме нуклеофильного присоединения по карбонильной группе альдегидов и кетонов. Присоединение воды, спиртов, тиолов. Получение бисульфитных производных и циангидринов.

Взаимодействие альдегидов и кетонов с азотистыми основаниями. Реакции альдегидов и кетонов с металлоорганическими соединениями (Синтез спиртов).

Восстановление альдегидов и кетонов до спиртов. Окисление альдегидов, реагенты окисления. Наиболее важные представители. Экологические аспекты.

**Тема 4.2 Карбоновые кислоты и их производные.** Методы синтеза: окисление первичных спиртов и альдегидов, алkenов, алкилбензолов; гидролиз производных карбоновых кислот; синтез на основе металлоорганических соединений. Получение муравьиной и уксусной кислот. Строение карбоксильной группы. Физико-химические свойства кислот: ассоциация, диссоциация, влияние заместителей на кислотность. Галогенирование кислот по Гелю-Фольгарду-Зелинскому.

Производные карбоновых кислот (галогенангидриды, ангидриды, амиды). Методы получения исходства. Сложные эфиры.

**Тема 4.3 Непредельные карбоновые кислоты и жиры.** Строение триглицеридов. Высшие жирные предельные и непредельные кислоты, входящие в состав жиров. Гидролиз жиров, гидрогенизация. Мыла, получение жиров. Синтетические моющие средства, детергенты. Наиболее важные представители. Экологические аспекты.

#### **Раздел 5 Азотсодержащие органические соединения**

**Тема 5.1 Амины.** Методы получения аминов: алкилирование амиака и аминов по Гофману, фталимида калия (Габриэль), нитросоединений.

Амины как основания. Сравнение основных свойств алифатических и ароматических аминов. Алкилирование и ацилирование аминов. Взаимодействие первичных, вторичных и третичных алифатических и ароматических аминов с азотистой кислотой. Реакции электрофильного замещения в бензольном ядре ароматических аминов.

**Тема 5.2 Аминокислоты, пептиды и белки.** Номенклатура аминокислот. Природные аминокислоты. Хиральность аминокислот, образующих протеины. Амфотерные свойства природных аминокислот.

Синтезы а-аминокислот и разделение рацемических форм. Пептиды. Наиболее важные представители. Экологические аспекты.

#### **Раздел 6 Углеводы**

**Тема 6.1 Моносахариды.** Альдозы (альдотреозы, альдопентозы, альдогексозы) и кетозы. Стереохимия альдоз и кетоз в проекциях Фишера. Циклические полуацетали альдогексоз - глюкопиранозы и глюкофуранозы. а - и b -Аномеры. Формулы Хеорса для аномерных моносахаридов. Таутомерия циклических и открытых форм в растворах моносахаридов, мутаротация глюкозы.

Реакции моносахаридов. Получение гликозидов, как особой формы циклических аце-

талей. Синтез простых и сложных эфиров моносахаридов. Окисление альдоз до альдоно-ых кислот, лактонизация альдонаовых кислот. Исчерпывающее окисление моносахаридов иодной кислотой. Образование озазонов при взаимодействии с фенилгидразином. Синтез моносахаридов по Килиани-Фишеру и деградация по Волю-Руффу.

**Тема 6.2 Полисахариды.** Дисахариды (биозы): мальтоза, целлобиоза, лактоза, саха-роза. Отличие восстановливающих дисахаридов от невосстановливающих.

Полисахариды - целлюлоза и крахмал. Особенности строения. Свойства.

#### **Раздел 7 Гетероциклические соединения**

**Тема 7.1 Пятичленные гетероциклы.** Фуран, тиофен, пиррол. Синтез 1,4-дикарбонильных соединений (Пааль-Кнорр), взаимные переходы (реакция Юрьева). Реакции электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах: нитрование, сульфирование, галогенирование, формилирование, ацилирование. Ориентация элек-трофильного замещения.

**Тема 7.2 Шестичленные гетероциклы.** Пиридин, особенности строения. Основные свойства. Реакции электрофильного замещения в пиридине: нитрование, сульфирование, галогенирование. Нуклеофильное замещение атомов водорода в пиридине в реакциях с амидом натрия (Чичибабин).

Понятие о пиrimидиновых и пуриновых основаниях. Наиболее важные представите-ли. Экологические аспекты.

## **4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Одна из целей данной программы - помочь студентам отделить обязательный мате-риал от второстепенного при самостоятельной работе с конспектом или учебником. Не-смотря на широчайшее распространение современных методов обучения и доступность разнообразного учебного материала в учебниках и в Интернете, только самостоятельная, упорная, если не сказать тяжёлая работа по конспектированию (лекций, учебников, других материалов), самостоятельное написание важнейших уравнений и механизмов, и самосто-ятельное решение синтетических задач способно привести к успеху в изучении органиче-ской химии. Прослушивание курса лекций создаёт основу для изучения органической хи-мии и охватывает все темы, выносимые на экзамен. Однако, прослушанные лекции, равно как и прочитанные учебники остаются пассивным знанием до тех пор, пока не произойдёт закрепление материала при подготовке к лабораторным работам, при написании тестов, контрольных работ и анализе ошибок. То, что легко достаётся – легко теряется или забы-вается, причём это справедливо не только по отношению к курсу органической химии.

Рабочей программой дисциплины «Органическая химия» предусмотрена самосто-ятельная работа студентов в объеме 58 часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического мате-риала дисциплины;
- подготовку к лабораторным работам;
- работу с Интернет - источниками;
- выполнению тестовых заданий, написанию контрольных работ и сдаче экзамена.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусмат-ривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектиро-ванный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источ-ников, представленных в рабочей программе дисциплины «Органическая химия». По каждой из тем для самостоятельного изучения следует сначала прочитать рекомендован-ную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы.

**Студент должен освоить**, прежде всего, «грамматику» органической химии: познакомиться с классификацией и номенклатурой органических соединений, получить начальные знания о пространственном и электронном строении соединений с ковалентной связью, о типах разрыва ковалентных связей и классификации органических реакций. Он **должен понять** основные принципы теории электронных смещений, основанной на индуктивном и мезомерном эффектах различных группировок. Все эти знания он должен получить, изучая раздел **«Теоретические основы органической химии»**.

**Вторая часть** посвящена химии отдельных классов. Избранная последовательность классов такова, что позволяет постепенно знакомиться с новыми реакциями, понятиями и концепциями органической химии с максимальным соблюдением принципа «от простого к сложному». По этой причине в первых главах излагаются **химия углеводородов и методы введения в их молекулы различных функциональных групп**.

После изучения алифатических углеводородов основное внимание уделено **методам трансформации функциональных групп**, рассмотрена химия галогенпроизводных, спиртов, альдегидов и кетонов, карбоновых кислот и их производных, аминов и аминокислот. Заканчивается изучение многообразия органических соединений рассмотрением химии важнейших биоорганических субстратов: белков и углеводов, некоторых гетероциклических соединений.

**Изучение органических соединений проводится по следующему плану.**

**«Номенклатура».** Приводятся примеры названий наиболее типичных представителей данного класса. Предпочтение отдается систематической номенклатуре ИЮПАК. Вместе с тем упоминаются и традиционно применяемые тривиальные названия, а также названия по радикально-функциональной номенклатуре. То же относится и к названиям соединений в схемах органических реакций.

**«Способы получения».** Рассматриваются методы, наиболее широко применяемые в производстве и в препаративных лабораторных синтезах. Реакции, составляющие основу этих методов, подробно рассматриваются в разделах «Реакции» соответствующих классов.

**«Физические свойства и строение».** Как правило, подробно обсуждается строение простейшего представителя соответствующего класса. Обсуждение ведется как в терминах электронных эффектов, так и в рамках теории резонанса. Эти данные позволяют оценить поведение соответствующих соединений в простейших одноэлектронных реакциях.

**«Реакции».** Рассматриваются сведения о наиболее важных химических превращениях соединений данного класса.

**«Наиболее важные представители. Экологические аспекты».** Анализируются данные о промышленном производстве, физических свойствах и практическом применении наиболее важных соединений соответствующего класса, их влияние на окружающую среду.

**Практикум по органической химии** предлагает возможность на практике закрепить полученные теоретические знания и химическим путём познать строение и свойства органических веществ. К выполнению практикума следует приступать после освоения теоретического материала.

Чтобы в полной мере представить процесс становления современной органической химии в исторической ретроспективе, рекомендуется обращать внимание на химиков - авторов открытия тех или иных органических реакций. При этом тот факт, что значительное число указанных реакций изучено многие годы тому назад, не должен вводить в заблуждение. Мысль о том, что формирование органической химии как науки давно завершено и все органические реакции уже открыты, неверна. Современная органическая химия - одна из наиболее динамично развивающихся химических дисциплин. Ежегодно исследователи открывают сотни новых органических реакций, синтезируют десятки тысяч

новых соединений. Этот поток новой информации, несомненно, требует постоянного совершенствования теоретических подходов, как в оценках реакционной способности органических соединений, так и в стратегии органического синтеза.

Прежде чем приступить к выполнению заданий для самоконтроля, студентам необходимо изучить рекомендуемую по каждой теме литературу. Общий список учебной, учебно-методической и научной литературы представлен в отдельном разделе программы.

#### **Рекомендации к изучению отдельных тем курса:**

При изучении номенклатуры органических соединений особое внимание следует обратить на заместительную номенклатуру (ИЮПАК). Знать основные принципы построения названий органических соединений, понятия родоначальная структура, характеристические группы, заместитель, радикал. Названия основных классов органических соединений, сложных поли - и гетерофункциональных соединений.

При изучении механизмов химических реакций особое внимание следует обратить на характер разрыва связей в органических соединениях, промежуточных частицы, (радикалы, карбокатионы, карбанионы), а также электронные эффекты заместителей (индуктивный, мезомерный) и их влияние на устойчивость радикалов, карбокатионов и карбанионов.

При изучении пространственной изомерии особое внимание следует обратить на способы изображения пространственного строения молекул с  $sp^3$ -гибридизированными углеродом: клиновидные проекции, "лесопильные козлы", проекции Ньюмена. Усвоить понятия «конформации», «конформеры», асимметрический атом углерода, отличие конформаций от конфигураций, принцип R,S-номенклатуры энантиомеров, проекции Фишера, изображение молекулы данного соединения с помощью различных проекционных формул, переход от одной проекционной формулы молекулы к другой.

Изучение важнейших классов органических соединений предполагает знание:

- 1) названий наиболее типичных представителей данного класса (предпочтение отдается систематической номенклатуре ИЮПАК),
- 2) методов синтеза, наиболее широко применяемых в производстве и в лабораториях,
- 3) строение простейшего представителя соответствующего класса (как в терминах электронных эффектов и теории резонанса, так и в рамках теории молекулярных орбиталей),
- 4) наиболее важные химические превращения соединений данного класса, основные механизмы реакций,
- 5) сведения о промышленном производстве, физических свойствах и практическом применении наиболее важных соединений соответствующего класса.

#### **Разъяснения по поводу работы с тестовой системой курса.**

После изучения основных вопросов теоретического материала студентам предлагаются задачи, на основании которых составляются варианты контрольных работ, предусмотренные программой. В программу включены тестовые задания для проверки знаний.

#### **Советы по подготовке к экзамену:**

При подготовке к экзамену особое внимание следует обратить на следующие моменты:

1. Теоретический материал следует повторить в порядке, предусмотренном программой, обращая особое внимание на генетическую связь между различными классами органических соединений.
  2. Выполнить все рекомендуемые практические задания.
- Для того, чтобы избежать трудностей при ответах на экзамене, следует:
- 1) систематически готовиться к занятиям,
  - 2) не ограничиваться заучиванием текста, а искать причинно-следственные связи,
  - 3) подкреплять теоретические знания решением задач.

#### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Формы/виды самостоятельной работы	Количество часов, в со- ответствии с учебно- тематиче- ским планом
1	<b>Теоретические основы органиче- ской химии</b>	Изучение основной и дополнительной литературы. Оформление лабораторной работы и подготовка отчета. Решение задач	4
2	<b>Алифатические углеводороды и их производные</b>	Изучение основной и дополнительной литературы. Оформление лабораторной работы и подготовка отчета. Решение задач	17
3	<b>Ароматические углеводороды и их производные</b>	Изучение основной и дополнительной литературы. Оформление лабораторной работы и подготовка отчета. Решение задач.	9
4	<b>Альдегиды, кетоны и карбоновые кислоты</b>	Изучение основной и дополнительной литературы. Оформление лабораторной работы и подготовка отчета. Решение задач	12
5	<b>Азотсодержащие органические соединения</b>	Изучение основной и дополнительной литературы. Оформление лабораторной работы и подготовка отчета. Решение задач	6
6	<b>Углеводы</b>	Изучение основной и дополнительной литературы. Оформление лабораторной работы и подготовка отчета. Решение задач	6
7	<b>Гетероциклические соединения</b>	Изучение основной и дополнительной литературы. Решение задач	4

## 5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### План лабораторных занятий

№ п/п	Тема занятия	Тема лабораторной работы	Всего часов
1.	Качественный элементный анализ органических соединений	Техника безопасности при работе в лаборатории органической химии. Качественный элементный анализ органических соединений	4
2.	Алканы	Алканы	4
3.	Алкены	Алкены	2
4.	Алкины	Алкины	2
5.	Галогенопроизводные алифатических углеводородов	Галогенопроизводные алифатических углеводородов	4
6.	Спирты и простые эфиры	Спирты и простые эфиры	4

7.	Ароматические углеводороды	Ароматические углеводороды	2
8.	Фенолы	Фенолы	2
9.	Альдегиды и кетоны	Альдегиды и кетоны	4
10.	Карбоновые кислоты и их производные	Карбоновые кислоты и их производные	4
11.	Непредельные кислоты и жиры	Непредельные кислоты и жиры	4
12.	Амины	Амины	2
13.	Аминокислоты, пептиды и белки	Аминокислоты	2
14.	Моносахариды	Моносахариды	2
15.	Полисахариды	Полисахариды	2
<b>ИТОГО</b>			42

### ***Лабораторная работа №1***

#### ***Техника безопасности при работе в лаборатории органической химии. Качественный элементный анализ.***

##### ***Техника безопасности при работе в лаборатории органической химии.***

Работа в химической лаборатории связана с некоторой опасностью, поскольку многие вещества в той или иной степени ядовиты, огнеопасны и взрывоопасны.

Возможность несчастных случаев может быть исключена при выполнении всех мер предосторожности.

Существуют общие правила, выполнение которых обязательно для каждого работающего в лаборатории независимо от того, какой эксперимент он выполняет.

1. Работать одному в лаборатории категорически запрещается, так как в случае несчастного случая будет некому оказать помощь пострадавшему и ликвидировать последствия аварии.

2. Во время работы в лаборатории необходимо соблюдать чистоту, тишину, порядок и правила техники безопасности.

3. Каждый работающий должен знать, где находятся в лаборатории средства противопожарной защиты и аптечка, содержащая все необходимое для оказания первой медицинской помощи.

4. Категорически запрещается в лаборатории курить, принимать пищу, пить воду.

5. Нельзя приступать к работе, не усвоив всей техники ее выполнения.

6. Опыты нужно проводить только в чистой посуде. После окончания эксперимента посуду следует мыть сразу же.

7. В процессе работы необходимо соблюдать чистоту, аккуратность. Следить, чтобы вещества не попадали на кожу лица и рук, так как многие вещества (галогенопроизводные, фенолы, нитросоединения, непредельные соединения и др.) вызывают раздражение кожи и слизистых оболочек.

8. Вещества в лаборатории нельзя пробовать на вкус. Нюхать вещества можно, лишь осторожно направляя на себя пары или газы легким движением руки, не наклоняясь к сосуду и не вдыхая полной грудью.

9. На всех банках, склянках и другой посуде, где хранятся реактивы, должны быть этикетки с указанием названия веществ.

10. Склянки с веществами или растворами необходимо брать одной рукой за горлышко, а другой снизу поддерживать за дно.

11. Категорически запрещается затягивать ртом в пипетки органические вещества и их растворы.

12. Во время нагревания жидких и твердых веществ в пробирках и колбах нельзя направлять их отверстия на себя и соседей. Нельзя также заглядывать сверху в открыто

нагреваемые сосуды во избежание возможного поражения при выбросе горячей массы.

13. После окончания работы необходимо выключить газ, воду, электроэнергию.

14. Категорически запрещается выливать в раковины концентрированные растворы кислот и щелочей, а также различные органические растворители, сильно пахнущие и опасные вещества. Все эти отходы нужно сливать в специальные бутыли.

15. В каждой лаборатории обязательно должны быть защитные маски, очки, противогазы, респираторы.

16. В каждом помещении необходимо иметь средства противопожарной защиты: ящик с просеянным песком и совком к нему, противопожарное одеяло (асбестовое или толстое войлочное), заряженные огнетушители (желательно со сжиженным углекислым газом).

17. На доступном месте в лаборатории должны находиться медикаменты для оказания первой помощи: растворы таннина (в спирте), перманганата калия, борной кислоты, гидрокарбоната натрия, йодная настойка, вата, бинты, пластырь, мази от ожогов.

#### ***Правила работы с кислотами и щелочами***

1. Все работы с кислотами и щелочами необходимо проводить в защитных очках или масках. Попадание кислот и щелочей на кожу и глаза может привести к тяжелейшим поражениям.

2. Кислоты и щелочи нельзя затягивать ртом в сифоны и пипетки.

3. Разбавлять серную кислоту можно, только добавляя ее к воде в жаростойкой посуде, а не наоборот. При этом глаза должны быть защищены очками.

4. Растворение гидроксидов натрия и калия проводить только в защитных очках, прибавляя к воде небольшие порции щелочи. Куски щелочи можно брать только щипцами, а не руками.

5. Запрещается применять серную кислоту в вакуум-эксикаторах в качестве водопоглощающего средства, так как в случае взрыва эксикатора вылившаяся из него кислота может попасть на работающего и вызвать сильный ожог.

6. Работу с плавиковой кислотой проводят в специальной посуде и с особой осторожностью в вытяжном шкафу. Обязательно следует надевать резиновые перчатки, защитные очки или маску.

#### ***Правила работы с особо опасными и токсичными веществами***

При всех работах с особо опасными и токсичными веществами обязательно надевать защитные очки или маску и снимать их только после завершения работы.

##### **I. Работа с бромом**

1. Держать бром можно только в толстостенных склянках с притертymi пробками. Склянки с бромом должны стоять в вытяжном шкафу в металлических ящиках с песком.

2. Бром сильно действует на слизистые оболочки и при попадании на кожу дает трудно заживающие ожоги. Все работы с бромом проводить только в вытяжном шкафу с полуспущенными створками, в резиновых перчатках, защитных очках или маске.

3. Переносить склянки с бромом можно лишь в банях или чашках с песком.

4. Кран капельной воронки, из которой приливают бром, должен быть смазан фосфорной кислотой и укреплен резиновым колечком. Перед работой следует кран воронки проверить на герметичность. В капельную воронку не наливать сразу более 10 мл брома.

##### **II. Работа с металлическим натрием**

1. При работе с металлическим натрием необходимо соблюдать особую осторожность. Не допускать соприкосновения его с водой и с галогеносодержащими соединениями. Все работы с натрием проводить только в защитных очках, вдали от открытых водопроводных кранов, водоструйных насосов и других источников воды.

2. Хранить металлический натрий можно только в толстостенной стеклянной или жестяной таре под слоем обезвоженного керосина, высококипящего инертного углеводорода или трансформаторного масла. Банки с натрием должны быть закрыты корковой пробкой и помещены в металлическую баню или ящик с песком.

3. Вынимают металлический натрий для работы из банки только пинцетом или щипцами. Отрезают ножом необходимое количество натрия только на сухой белой (лучше фильтровальной) бумаге и сразу же помещают в стакан под слой керосина, толуола, ксиола, сухого эфира.

4. С поверхности отрезанного натрия на фильтровальной бумаге счищают корку, затем его отжимают в фильтровальной бумаге от керосина и тотчас вводят в реакцию.

5. Обрезки щелочных металлов, а также все остатки после проведения эксперимента необходимо собрать в банку с керосином. Бумагу, на которой резали натрий, посуду, в которой был поставлен опыт, заливают техническим этиловым спиртом.

6. Категорически запрещается выбрасывать остатки натрия в раковины и мусорные ящики.

7. При нагревании реакционных сосудов, содержащих натрий, необходимо пользоваться только воздушными и песчаными банями.

8. Нельзя брать натрий для осушивания галоидных алкилов, карбонильных соединений, кислот, спиртов, нитросоединений.

9. Нельзя оставлять кусочки натрия в пустых колбах и склянках. (Натрий, покрытый сверху белым налетом, легко можно спутать по внешнему виду с хлористым кальцием).

### III. Работа с токсичными веществами

1. Особую осторожность следует соблюдать при работе с цианидами, диметилсульфатом, хлорангидридами низших кислот, фосгеном, оксидом азота (IV) и др. Эксперименты с этими веществами следует проводить только в хорошо действующем вытяжном шкафу в перчатках.

2. Работы с фенолами, галогено- и нитросоединениями, непредельными карбонильными соединениями, непредельными кислотами, алифатическими галогенокислотами, гидразинами и др. нужно проводить в перчатках, защитных очках, так как многие из этих веществ вызывают ожоги кожи и раздражение слизистых оболочек.

### IV. Правила работы с огнеопасными веществами

1. Опыты с легковоспламеняющимися веществами (эфир, петролейный эфир, ацетон, сероуглерод, бензол и др.) проводить дальше от огня и включенных электроплиток. Нагревать легко воспламеняющиеся жидкости можно только на предварительно нагретой водяной бане в колбе, снабженной водяным холодильником, вдали от нагревательных приборов.

2. Легковоспламеняющиеся вещества (эфир, петролейный эфир, ацетон, сероуглерод, бензол, спирт) можно отгонять в приборе с водяным холодильником на водяной бане или роторных испарителях. Нельзя упаривать горючие жидкости в открытых сосудах.

3. Приборы, в которых содержатся легковоспламеняющиеся вещества, следует разбирать после того, как будут выключены газовые горелки, находящиеся поблизости.

4. Не выливать воспламеняющиеся вещества в канализацию, ведра и ящики для мусора во избежание пожара от случайно брошенной спички.

5. Нельзя проводить перегонку досуха, так как многие вещества (диэтиловый эфир, диоксан) образуют взрывоопасные перекиси при соприкосновении с воздухом.

### V. Правила работы при вакууме

1. При работе со стеклянными приборами, находящимися под вакуумом (перегонка, откачивание воздуха из вакуум-экссикатора), следует обязательно надевать защитные очки или маску.

2. При откачивании воздуха из вакуум-экссикатора необходимо его плотно обернуть полотенцем или поместить в специальный колпак из чистой металлической сетки.

3. При перегонке под вакуумом категорически запрещается использовать плоскодонные колбы, так как они будут раздавлены.

4. После перегонки под вакуумом нельзя снимать очки до тех пор, пока прибор не остынет и не будет соединен с атмосферой. Только через 3-5 минут после выравнивания

давления можно снимать очки.

#### VI. Первая помощь при ожогах и отравлениях

1. При термических ожогах немедленно делают обильные примочки спиртовым раствором танина, этиловым спиртом или раствором перманганата калия.

2. При ожогах кислотами необходимо сразу же промыть пораженное место большим количеством воды, а затем 3-процентным раствором гидрокарбоната натрия и опять водой.

3. При ожогах едкими щелочами хорошо и обильно промыть пораженное место проточной водой, затем разбавленным раствором уксусной кислоты, а после этого опять большим количеством воды.

4. При попадании кислоты или щелочи в глаза следует сразу же их промыть. Для этого направляют небольшую струю воды то в один, то в другой глаз в течение 3-5 минут. Затем глаза необходимо промыть или раствором гидрокарбоната натрия (в случае кислоты), или раствором борной кислоты (в случае щелочи). После этого нужно немедленно обратиться к врачу.

5. При ожогах фенолом пораженное место обрабатывают спиртом.

6. При ожогах кожи бромом его быстро смывают спиртом или разбавленным раствором щелочи. После этого пораженное место смазывают специальной мазью от ожогов. При вдыхании паров брома нужно глубоко подышать над спиртом, а затем выпить молоко и выйти на свежий воздух.

7. Кожу, пораженную сильно действующим органическим веществом, нужно быстро промыть большим количеством растворителя и пострадавшего доставить к врачу.

#### VII. Тушение местного пожара и горящей одежды

1. При возникновении пожара немедленно отключить газ и электроприборы по всей лаборатории. Быстро убрать все горючие вещества подальше от огня, а пламя тушить огнетушителем, песком или используя противопожарное одеяло. Не следует заливать пламя водой, во многих случаях это приводит лишь к большему распространению пламени и расширению очага пожара.

2. Если на ком-либо загорелась одежда, нужно пострадавшего повалить на пол и быстро накрыть войлочным одеялом. Ни в коем случае нельзя бежать, так как в этом случае пламя только усиливается. Можно потушить на себе одежду обливанием водой или быстрым перекатыванием по полу.

Требования к ведению лабораторного журнала.

Рабочий журнал должен вестись аккуратно. В нем должны отмечаться дата, название лабораторной работы, название опыта, цель, приборы и оборудование, реактивы, ход работы, уравнения реакций. При необходимости делается рисунок рабочей установки. Приводится краткое описание наблюдаемых процессов, описание полученных веществ. Делаются выводы, исходя из поставленных целей.

### ***Лабораторная работа***

#### ***Качественный элементный анализ органических соединений***

##### ***Опыт 1. Обнаружение углерода пробой на обугливание (тига!)***

Реактивы: сахар (или мука, крахмал), бумага, бензол, 1-процентный раствор серной кислоты, концентрированная серная кислота.

Оборудование: фарфоровая чашка (или крышка от тигля). Фарфоровый треугольник, скальпель, стеклянный цилиндр, ступка с пестиком.

*Обугливание – самая простая пробы на обнаружение углерода в органических веществах. Некоторые органические вещества обугливаются (чернеют) при прокаливании, в других случаях обугливание наблюдается при действии водоотнимающих веществ, например, концентрированной серной кислоты.*

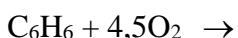
1) На крышку тигля или в фарфоровую чашку помещают немного (0,1г) сахара или муки. Чашку ставят на фарфоровый треугольник, закрепленный на штативе. Осторожно нагревают на пламени горелки, а затем прокаливают испытуемое вещество до обуглива-

ния. Сделайте вывод о действии нагревания на органические вещества.

2) На белой или фильтровальной бумаге (целлюлозе) делают надпись 1-процентным раствором серной кислоты. При высыхании раствора надпись невидима. Проявление надписи происходит при осторожном нагревании бумаги над горячей электрической плиткой. Сделайте вывод о действии разбавленной серной кислоты на органические соединения.

3) В ступке растирают 25 г сахара, добавляют 3 мл воды и переносят смесь в стеклянный цилиндр емкостью 50 мл. Затем постепенно при постоянном перемешивании стеклянной палочкой добавляют 12,5 мл конц. серной кислоты. Когда начинается обугливание, стеклянную палочку приподнимают. Смесь всучивается, черный пористый «пирог» поднимается на палочке. Сделайте вывод о действии концентрированной серной кислоты на органические соединения.

4) В фарфоровую чашку (или на крышку тигля) наливают 2-3 капли бензола и поджигают его. Бензол горит сильно коптящим пламенем. Почему? Допишите уравнение реакции:



*Опыт 2. Обнаружение углерода и водорода окислением вещества оксидом меди (II)*

Реактивы: сахар (сухой), оксид меди (II) – порошок, известковая (или баритовая) вода – насыщенный раствор гидроксида кальция или бария, безводный сульфат меди (II) – свежепрокаленный.

Оборудование: изогнутые газоотводные трубки с пробками для пробирок, вата, штатив с пробирками.

*Наиболее общим, универсальным методом обнаружения в органическом веществе углерода и одновременно с ним водорода является окисление его оксидом меди (II). При этом углерод превращается в оксид углерода (IV), а водород – в воду.*

В сухую пробирку с газоотводной трубкой помещают 0,2 – 0,3 г сахарозы и 1-2 г порошка оксида меди (II). Содержимое пробирки тщательно перемешивают, сверху смесь засыпают слоем оксида меди (II) – примерно 1 г. В верхнюю часть пробирки (под пробку) помещают маленький комочек ваты, на которую насыпают немного безводного сульфата меди (II). Пробирку закрывают пробкой и закрепляют ее в лапке штатива с небольшим наклоном. Свободный конец газоотводной трубы опускают в пробирку с известковой (или баритовой) водой так, чтобы трубка почти касалась поверхности жидкости (Рис.1.). Сначала прогревают всю пробирку, затем сильно нагревают ту часть, где находится реакционная смесь. Изменяется ли цвет реакционной смеси? Почему?

Отметьте, что происходит с известковой водой. Почему изменяется цвет сульфата меди? Напишите уравнения следующих реакций:

- окисление сахарозы ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) оксидом меди (II) в избытке;
- взаимодействие продуктов, образующихся при окислении сахарозы, с известковой водой и с безводным сульфатом меди.

*Опыт 3. Обнаружение азота сплавлением вещества с металлическим Опыт 3.*

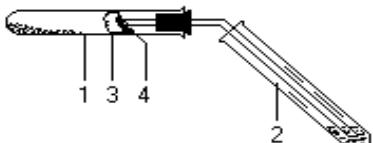


Рис. 1. Прибор для определения углерода и водорода.

- 1- пробирка со смесью сахара и  $\text{CuO}$ ;
- 2- пробирка с известковой водой;
- 3- вата;
- 4- безводный сульфат меди.

*Обнаружение азота сплавлением вещества с металлическим натрием. (Тяга! Защитные*

очки!)

Реактивы: мочевина, металлический натрий, 1-процентный раствор сульфата железа (II), 1-процентный раствор хлорида железа (III), 10-процентный раствор соляной кислоты.

Оборудование: фарфоровая чашка, лакмусовая бумага.

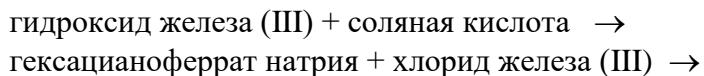
*Принцип метода состоит в том, что при сплавлении с металлическим натрием органическое вещество разлагается, а содержащийся в нем азот образует с углеродом и натрием цианид натрия:*

*Образовавшийся цианид натрия обнаруживают, переводя его в берлинскую лазурь.*

В сухую пробирку помещают несколько кристаллов мочевины ( $\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2$ ) и кусочек (с половину горошины) очищенного от корки и отжатого в фильтровальной бумаге металлического натрия. (Вместо мочевины можно взять другое органическое вещество, содержащее азот: анилин, ацетамид, яичный белок и др.). Осторожно нагревают пробирку в пламени горелки. (*Вытяжной шкаф! Защитные очки!*) Через некоторое время происходит вспышка, пробирку нагревают до красного каления еще 1-2 минуты. Необходимо проследить, чтобы натрий плавился вместе с мочевиной, так как в противном случае цианид натрия может не образоваться. Затем пробирку охлаждают и добавляют в неё 3 мл дистиллированной воды. Кусочки плава измельчают стеклянной палочкой и полученный раствор фильтруют через бумажный фильтр в пробирку. Если органическое вещество разрушено не полностью, жидкость имеет бурый или черный цвет. В таком случае сплавление исследуемого вещества с натрием повторяют.

К фильтрату добавляют по 3-4 капли 1-процентного раствора сульфата железа (II) и хлорида железа (III). Выпадают осадки гидроксида железа (II) грязно-зеленого цвета и гидроксида железа (III) бурого цвета.

Напишите уравнения реакций их образования в щелочном растворе. Объясните, почему исследуемый раствор имеет щелочной характер. Если в растворе имеется избыток цианида натрия, то образуется гексацианоферрат натрия. Напишите уравнения реакции образования его из цианида натрия и гидроксида железа (II). Содержимое пробирки подкисляют 10-%-ным раствором  $\text{HCl}$ , появляется синяя окраска (берлинская лазурь). Напишите уравнения следующих реакций:



*Опыт 4. Обнаружение серы сплавлением органического вещества с металлическим натрием. (Тяга! Защитные очки!)*

Реактивы: тиомочевина (или сульфаниловая кислота, сухой белок, белый стрептоцид и др.), металлический натрий, 2-процентный раствор ацетата свинца, 2-процентный раствор нитропруссида (свежеприготовленный), 10-процентный раствор соляной кислоты, уксусная кислота.

Оборудование: фарфоровая чашка, фильтровальная бумага, скальпель, пинцет, штатив с пробирками.

*Серу обнаруживают в органическом веществе подобно азоту: сначала разрушают органическое вещество сплавлением с металлическим натрием, выделяющаяся сера образует с натрием сульфид. Далее открывают сульфид-ион ( $\text{S}^{2-}$ ) обычными качественными реакциями.*

В сухую пробирку вносят несколько крупинок тиомочевины (или другого содержащего серу вещества) и кусочек металлического натрия с блестящей поверхностью размером с половину горошины. Далее проводят сплавление так, как это описано в опыте 3 (открытие азота). (*Вытяжной шкаф! Защитные очки!*)

Полученный фильтрат, содержащий сульфид натрия, делят на три части.

Первую часть подкисляют уксусной кислотой, затем прибавляют 0,5 мл 2-процентного раствора ацетата свинца. Жидкость окрашивается в бурый или черный цвет, иногда появляется черный осадок. Образование осадка ускоряется при нагревании.

Напишите уравнение реакции сульфида натрия и ацетата свинца. Какое вещество выпадает в виде черного осадка?

Ко второй части раствора приливают 0,5 мл 2-процентного раствора нитропруссида натрия. Появляется интенсивное красно-фиолетовое окрашивание, постепенно переходящее в бурое. Эта проба значительно чувствительнее пробы с ионами свинца.

Напишите уравнение реакции образования комплексной соли состава  $\text{Na}_4[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NOS}]$  при взаимодействии сульфида натрия и нитропруссида натрия  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$ .

К третьей части раствора прибавляют 10-процентную соляную кислоту, при этом появляется характерный запах. Напишите уравнение реакции сульфида натрия с соляной кислотой.

*Опыт 5. Реакция Бейльштейна на галогены*

Реактивы: хлороформ, медная проволока.

Оборудование: штатив с пробирками, газовая горелка.

При прокаливании галогеносодержащего органического вещества с оксидом меди (II) происходит его окисление, причём галогены (кроме фтора) образуют с медью летучие галогениды, окрашивающие пламя в зелёной цвет.

Петлю медной проволоки прокаливают в пламени горелки до прекращения окрашивания пламени и образования на поверхности меди чёрного налёта. Остывшую петлю смачивают хлороформом и снова вносят в пламя газовой горелки.

Составьте уравнение реакции, учитывая, что образуются хлорид меди (II) и хлорид меди (I).

*Опыт 6. Обнаружение галогенов действием натрия на спиртовой раствор органического вещества (Метод Степанова)*

Реактивы: хлороформ (или четыреххлористый углерод, иodoформ и др.), этиловый спирт, натрий металлический, 1-процентный раствор нитрата серебра, концентрированная азотная кислота, синяя лакмусовая бумага.

Оборудование: штатив с пробирками, прямая газоотводная трубка.

*В большинстве органических веществ галоген прочно связан с углеродом ковалентной связью, поэтому его нельзя обнаружить реакцией с ионами серебра ( $\text{Ag}^+$ ). Для обнаружения галогена органическое вещество восстанавливают водородом в момент выделения, галоген при этом отщепляется в виде аниона, который можно открыть обычными качественными реакциями.*

В пробирку помещают 1 каплю хлороформа (или другого, содержащего галоген органического вещества), добавляют 2 мл этилового спирта и небольшой кусочек (с половину горошины) металлического натрия с блестящей поверхностью. Начинается энергичная реакция, пробирка разогревается. Ее закрывают пробкой с газоотводной трубкой и поджигают выделяющийся газ - водород.

Напишите уравнения следующих реакций: а) этилового спирта с металлическим натрием; б) восстановление хлороформа  $\text{CHCl}_3$  атомарным водородом до метана и хлороводорода (часть водорода в момент выделения участвует в этой реакции); в) хлороводорода с алкоголятом натрия.

Когда выделение водорода закончится, и натрий полностью растворится, к реакционной смеси прибавляют 2 мл воды. Избыток алкоголята натрия реагирует с водой с образованием гидроксида натрия. Напишите уравнение реакции. В воде растворяется также белый осадок хлорида натрия, малорастворимый в этиловом спирте. Щелочной раствор подкисляют несколькими каплями концентрированной азотной кислоты (проверить реакцию среды по лакмусу!) и к кислому раствору добавляют несколько капель 1-процентного раствора нитрата серебра  $\text{AgNO}_3$ . Сразу же выпадает белый творожистый осадок хлорида серебра. Если в растворе мало ионов  $\text{Cl}^-$ , то образуется взвесь белого цвета.

Задание 1. Напишите уравнения следующих реакций: гидроксида натрия с азотной

кислотой, хлорида натрия с нитратом серебра.

Задание 2. Объясните, почему нельзя обнаружить ион  $\text{Cl}^-$  реакцией с  $\text{Ag}^+$  в щелочной среде?

Задание 3. Напишите уравнение реакции нитрата серебра с гидроксидом натрия.

Задание 4. Почему для подкисления щелочного раствора перед добавлением нитрата серебра нужно брать азотную кислоту, но не соляную или серную?

Примечание: При выполнении опыта не следует брать больше 1-2 капель хлороформа. Не успевший вступить в реакцию с водородом при разбавлении реакционной смеси водой (еще до прибавления  $\text{AgNO}_3$ ) хлороформ будет давать с водой эмульсию в виде мутной жидкости белого цвета. Эмульсия хлороформа в воде маскирует появление белого осадка хлорида серебра. Цвет осадка зависит от природы галогена.

## *Лабораторная работа № 2*

### *Алканы*

#### *Опыт 1. Получение метана и его свойства*

Реактивы: смесь для получения метана – безводный ацетат натрия и прокаленная натронная известь (смесь  $\text{NaOH}$  и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) (1:2), сильно разбавленный раствор  $\text{KMnO}_4$ , 5-процентный раствор карбоната натрия, бромная вода (насыщенная).

Оборудование: крышка от тигля, кристаллизатор, изогнутая газоотводная трубка, штатив с пробирками.

1) *Получение и горение метана.* В сухую пробирку насыпают смесь для получения метана (высота слоя около 4 см). Размещают смесь так, чтобы образующийся метан мог свободно выходить из пробирки. Закрывают пробирку пробкой с газоотводной трубкой и закрепляют ее в штативе с небольшим наклоном. В штатив ставят две пробирки: одну пробирку со смесью 3 мл разбавленного раствора перманганата калия и 1 мл 5-процентного раствора карбоната натрия и вторую пробирку с 3 мл бромной воды.

Прогревают сначала всю пробирку, затем сильно нагревают ту ее часть, где находится смесь, начиная от дна пробирки, а затем, передвигая горелку дальше, чтобы могли реагировать новые порции смеси. Сначала из пробирки вытесняется воздух, затем начинается выделение метана. Метан поджигают у конца газоотводной трубки, он горит голубоватым, несветящимся пламенем. Вносят в пламя горящего метана фарфоровую крышку от тигля.

Почему на крышке тигля не образуется черного пятна сажи? Напишите уравнения реакций получения метана (из ацетата натрия и гидроксида натрия) и горения метана.

2) *Отношение метана к водному раствору брома и перманганата калия.* Вводят газоотводную трубку в пробирку с бромной водой и пропускают в течение 1 минуты метан. Исчезает ли окраска бромной воды? Затем пропускают метан через раствор перманганата калия.

Что вы наблюдаете? Сделайте вывод об отношении метана к бромной воде и к водному раствору перманганата калия (при комнатной температуре).

#### *Опыт 2. Реакции с жидкими насыщенными углеводородами*

Реактивы: жидкие насыщенные углеводороды, 5-процентный раствор  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , раствор  $\text{KMnO}_4$ , концентрированная серная кислота, концентрированная азотная кислота, 5-процентный раствор брома в четыреххлористом углероде, 25-процентный раствор аммиака, синяя лакмусовая бумага.

Оборудование: фарфоровая чашка, штатив с пробирками.

1) *Отношение алканов к водному раствору перманганата калия.* В пробирку наливают 1 мл насыщенных углеводородов, 1 мл 5-процентного раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , затем по каплям при встряхивании добавляют раствор  $\text{KMnO}_4$ . Изменяется ли фиолетовая окраска перманганата калия? Сделайте вывод об отношении алканов к водному раствору перманганата калия.

2) *Отношение алканов к концентрированной серной кислоте.* В сухую пробирку наливают 1 мл насыщенных углеводородов и 1 мл концентрированной серной кислоты.

Содержимое пробирки взбалтывают в течение 2-3 минут.

Происходят ли изменения? Разогревается ли смесь? Сделайте вывод на основании опыта.

3) *Отношение насыщенных углеводородов к концентрированной азотной кислоте.* К 1 мл насыщенных углеводородов (в сухой пробирке) добавляют 1 мл концентрированной азотной кислоты, смесь встряхивают в течение 2-3 минут.

Сделайте вывод об отношении алканов к концентрированной азотной кислоте при комнатной температуре.

4) *Горение жидких алканов.* (Тяга!) В фарфоровую чашку наливают 1 мл жидких алканов и поджигают их.

Объясните, почему в отличие от метана жидкие алканы горят коптящим пламенем. Вычислите процентное содержание углерода и водорода в метане, в гексане. Напишите уравнения реакций горения пентана, гексана, октана.

### **Лабораторная работа №3**

#### **Алкены**

##### **Опыт 1. Получение и свойства этилена**

Реактивы: смесь для получения этилена (смесь 96-процентного этилового спирта и концентрированной серной кислоты в объемном отношении 1:2), бромная вода (насыщенный раствор), 2-процентный раствор  $\text{KMnO}_4$ , 10-процентный раствор карбоната натрия, керосин (бензин), концентрированная серная кислота.

Оборудование: прибор для получения этилена, кипятильники (кусочки битого фарфора, пористой глины, песок и др.), газоотводные трубы, крышки от тиглей, штатив с пробирками.

1) *Реакция этилена с бромной водой.* В сухую пробирку наливают 5 мл смеси для получения этилена (этиловый спирт и концентрированная серная кислота в объемном отношении 1:2). При смешивании этанола с серной кислотой образуется этилсерная кислота – кислый сложный эфир.

Напишите уравнение реакции образования этилсерной кислоты.

В реакционную смесь помещают несколько кипятильников для равномерного кипения реакционной смеси, закрывают пробирку пробкой с газоотводной трубкой и закрепляют ее в штативе. В штатив ставят пробирку с 2 мл бромной воды. Пробирку со смесью для получения этилена осторожно нагревают. Выделяющийся этилен пропускают через бромную воду, которая обесцвечивается (качественная реакция на кратные связи).

Напишите уравнение реакции образования этилена из этилсерной кислоты (реакция идет при температуре около  $170^\circ\text{C}$ ). Кроме основной реакции – сернокислотной дегидратации этилового спирта – протекает несколько побочных реакций. Одна из наиболее важных – окислительно-восстановительная. Концентрированная серная кислота при высокой температуре окисляет органическое вещество (в том числе и этанол) до углерода и оксида углерода (IV) – реакционная смесь чернеет. При этом серная кислота восстанавливается до оксида серы (IV), который может реагировать с бромной водой (и с перманганатом калия) подобно этилену.

2) *Реакция этилена с водным раствором перманганата калия (реакция Е.Е. Вагнера).* В пробирку наливают 2 мл 2-процентного раствора перманганата калия, добавляют 0,5 мл 10-процентного раствора соды и пропускают этилен. Фиолетовая окраска раствора перманганата калия исчезает, образуется хлопьевидный осадок бурого цвета. Если этилен пропускать долго, осадок может раствориться. При окислении этилена в условиях реакции Вагнера образуется двухатомный спирт – этиленгликоль  $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ . Напишите уравнение реакции окисления этилена водным раствором перманганата калия. Реакция Вагнера – качественная реакция на кратные связи.

3) Окисление этилена перманганатом калия в кислой среде.

Пропускают этилен через раствор перманганата калия, подкисленный серной кислотой. Раствор обесцвечивается, бурый осадок не образуется, так как окисление проходит

более глубоко (до щавелевой кислоты). Составьте уравнение реакции.

4) *Горение этилена.* Поджигают этилен у конца газоотводной трубки. Этилен горит светящимся пламенем. Вносят в пламя этилена крышку от тигля.

Объясните, почему на крышке образуется черное пятно. Рассчитайте процентное содержание углерода и водорода в молекуле этилена. Напишите уравнение реакции горения этилена.

### 5) Свойства жидких алканов

Для опытов с жидкими алканами можно использовать бензин или керосин, так в их состав входят различные непредельные углеводороды.

В три пробирки наливают по 1 мл керосина (или бензина). В первую добавляют несколько капель раствора брома. Полученную смесь осторожно нагревают на водяной бане. Наблюдают исчезновение жёлтой окраски.

Во вторую пробирку добавляют 1 мл раствора перманганата калия, подщелоченным раствором карбоната натрия.

Опишите наблюдаемые явления. Составьте уравнение реакции. В третью пробирку приливают 1 мл конц. серной кислоты и взбалтывают несколько минут до образования однородного раствора (при сильном разогревании пробирку следует охладить).

Какое практическое значение имеет эта реакция?

## Лабораторная работа №4

### Алкены

#### *Опыт 1. Получение и свойства ацетилена*

Реактивы: карбид кальция (кусочки), бромная вода (насыщенный раствор), 1-процентный раствор перманганата калия, 10-процентный раствор карбоната натрия, 1-процентный раствор нитрата серебра, 5-процентный раствор аммиака.

Оборудование: прибор для получения ацетилена, изогнутые газоотводные трубки, короткие прямые газоотводные трубки, крышки от тиглей, фильтровальная бумага, штатив с пробирками.

1) *Получение ацетилена и его горение (мяг!).* В пробирку помещают кусочек карбида кальция, приливают около 1 мл воды и сразу же закрывают ее пробкой с газоотводной трубкой, имеющей оттянутый конец. Поджигают выделяющийся ацетилен у конца газоотводной трубки. Наблюдают характер пламени. Затем меняют газоотводную трубку: закрывают пробирку, из которой выделяется ацетилен, изогнутой газоотводной трубкой с широким отверстием и снова поджигают ацетилен. Вносят в пламя крышку от тигля. На крышке образуется черное пятно сажи. Напишите уравнения реакций получения ацетилена из карбида кальция и горения ацетилена (полное и неполное сгорание). Вычислите процентное содержание углерода и водорода в ацетилене. Имеет ли ацетилен запах?

2) *Реакция ацетилена с бромной водой.* Закрывают пробирку с карбилем кальция и водой пробкой с изогнутой газоотводной трубкой и пропускают ацетилен через бромную воду. Объясните, почему обесцвечивание бромной воды происходит значительно медленнее, чем при реакции с этиленом.

Напишите уравнение реакции ацетилена с бромом.

3) *Окисление ацетилена перманганатом калия.* В пробирку наливают 1 мл раствора перманганата калия, добавляют такой же объем раствора соды и затем пропускают через полученный раствор ацетилен. Постепенно фиолетовая окраска раствора исчезает, появляется хлопьевидный осадок оксида марганца (IV) бурого цвета. При окислении ацетилена происходит образование смеси веществ, частично происходит полное окисление до оксида углерода (IV).

Напишите уравнение реакции окисления ацетилена перманганатом калия до щавелевой кислоты  $\text{HOOC-COOH}$ .

4) *Получение металлических производных ацетилена – ацетиленидов.* Работа с ацетиленидами требует особой осторожности. В сухом виде при слабом нагревании или при ударе они взрываются с большой силой, поэтому ацетилениды нельзя высушивать

полностью. Особенно опасен в сухом виде ацетиленид серебра.

5) *Получение ацетиленида серебра.* В пробирку наливают 2 мл 1-процентного раствора нитрата серебра и прибавляют по каплям 5-процентный раствор аммиака до полного растворения образующегося вначале осадка оксида серебра. Через полученный бесцветный раствор пропускают ацетилен. Выпадает желтовато-серый осадок ацетиленида серебра (окраска обусловлена примесями). Осадок отфильтровывают, промывают небольшим количеством воды, отжимают в фильтровальной бумаге, переносят на кусочек сухой фильтровальной бумаги. И осторожно нагревают на асбестовой сетке. (Тяга! Защитные очки!) Ацетиленид разлагается со взрывом. Остатки его уничтожают помещением вместе с фильтровальной бумагой в стакан с водой и добавлением концентрированной соляной или азотной кислоты (1/4 – 1/5 от объема воды).

Напишите уравнения реакций получения аммиачного раствора гидроксида серебра и ацетиленида серебра. Напишите уравнения реакций разложения ацетиленида серебра при нагревании (взрыв) и при действии соляной кислотой.

### *Лабораторная работа № 5*

#### *Галогенопроизводные алифатических углеводородов*

##### *Опыт 1. Получение хлорэтана*

Реактивы: смесь этилового спирта и концентрированной серной кислоты (2:1), хлорид натрия.

Оборудование: пробирки, прямые газоотводные трубы с оттянутым концом.

В пробирку наливают 3 мл смеси спирта и концентрированной серной кислоты (2:1) и добавляют 0,1г растерпого в порошок хлорида натрия. Пробирку закрывают пробкой с прямой газоотводной трубкой, имеющей оттянутый конец, и очень осторожно нагревают (жидкость вспенивается). Поджигают выделяющийся хлористый этил у отверстия газоотводной трубы; он горит характерным пламенем с зеленой каймой. Хлористый этил при обычной температуре – газообразное вещество (т.кип. +12,4°C). Напишите уравнение реакции получения хлористого этила с указанием промежуточных стадий. Составьте суммарное уравнение реакции.

##### *Опыт 2. Получение бромистого этила*

Реактивы: этиловый спирт, концентрированная серная кислота, бромид калия.

Оборудование: химический стакан (100-200 мл), изогнутая газоотводная трубка, пробирки.

В пробирку наливают 1,5 мл этилового спирта и 1 мл воды, затем добавляют по каплям при встряхивании и охлаждении 1,5 мл концентрированной серной кислоты. После охлаждения реакционной смеси до комнатной температуры в нее добавляют 1,5г растерпого в порошок бромида калия. Пробирку закрывают пробкой с изогнутой газоотводной трубкой и укрепляют в лапке штатива.

Конец газоотводной трубы опускают в воду (1 мл), налитую в другую пробирку и охлаждаемую снаружи льдом (рис. 4).

Содержимое пробирки 1 прогревают и затем очень осторожно нагревают до кипе-

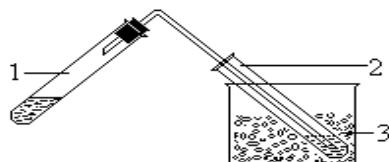


Рис. 4. Прибор для получения бромистого этила.

- 1 - пробирка с реакционной смесью;
- 2 - пробирка - приемник;
- 3 - стакан с ледяной водой.

ния (образуется пена). Постепенно кристаллы бромида калия исчезают, а в пробирке – приемнике собираются бесцветные тяжелые капли бромистого этила (т.кип. +38,4°C).

Пипеткой удаляют из пробирки-приемника верхний водный слой. Вносят каплю бромистого этила в пламя горелки (стеклянной палочкой). Пламя по краям окрашивается

в зеленый цвет. Для обнаружения брома в бромистом этиле можно использовать реакцию Бейльштейна.

Напишите уравнение реакции образования бромистого этила. Какую роль играет вода в данном процессе? Какие побочные реакции протекают при получении бромистого этила? Напишите уравнения этих реакций.

### *Опыт 3. Свойства хлороформа*

Реактивы: хлороформ, 1-процентный раствор резорцина, 1-процентный раствор гидроксида натрия, 10-процентный раствор гидроксида натрия, 20-процентный раствор азотной кислоты, 1-процентный раствор нитрата серебра, 10-процентный раствор аммиака, 1-процентный раствор перманганата калия, раствор йода в йодиде калия.

Оборудование: штатив с пробирками.

1) *Реакция хлороформа с резорцином.* В пробирку наливают 1 мл 1-процентного раствора резорцина, 2 мл 1-процентного раствора гидроксида натрия и 1 мл хлороформа. Смесь нагревают. Появляется желто-красное окрашивание.

2) *Растворение йода в хлороформе.* В пробирку наливают хлороформ и добавляют несколько капель йода в йодиде калия. Смесь интенсивно встряхивают. Через некоторое время слой хлороформа окрашивается в розовый цвет, так как йод хорошо растворяется в хлороформе.

3) *Щелочной гидролиз хлороформа.* Наливают в пробирку 1 мл хлороформа и 3 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия. Осторожно при встряхивании нагревают смесь до кипения, затем охлаждают. В условиях опыта хлороформ гидролизуется с образованием ионов хлора и муравьиной кислоты (в щелочной среде получается натриевая соль муравьиной кислоты – формиат натрия).

Для обнаружения ионов хлора отливают в пробирку 1/3 гидролизата, подкисляют его 20-процентным раствором азотной кислоты и добавляют несколько капель 1-процентного раствора нитрата серебра.

Напишите уравнения реакций гидролиза хлороформа в щелочной среде и взаимодействия ионов хлора с нитратом серебра.

Муравьиная кислота легко окисляется, так как содержит альдегидную группу (это используется для обнаружения ее в растворе). Остаток щелочного раствора гидролизата хлороформа делят на две части. К одной приливают свежеприготовленный аммиачный раствор гидроксида серебра, а к другой – несколько капель 1-процентного раствора перманганата калия. В первой пробирке выпадает металлическое серебро (реакция «серебряного зеркала»), во второй – раствор окрашивается в зеленый цвет (в щелочной среде  $\text{KMnO}_4$  восстанавливается в соль марганцовистой кислоты).

Напишите уравнения реакций и подберите к ним коэффициенты.

### *Опыт 4. Свойства четыреххлористого углерода*

Реактивы: четыреххлористый углерод, 10-процентный раствор гидроксида натрия, 20-процентный раствор азотной кислоты, 1-процентный раствор нитрата серебра, этиловый спирт (или другое легко воспламеняющееся органическое вещество), подсолнечное масло (или другой жир).

Оборудование: фарфоровая чашка, асбестовая сетка, медная проволока, штатив с пробирками.

Четыреххлористый углерод широко используется как растворитель жиров, масел, смол, каучука. Ценным свойством, отличающим его от большинства органических растворителей, является негорючность. На этом свойстве основано его применение в огнетушителях для тушения пожаров на химических предприятиях, в лабораториях, книгохранилищах и др.

1) *Растворение жира в четыреххлористом углероде.* В пробирку наливают 1 мл  $\text{CCl}_4$  и добавляют 1 каплю подсолнечного масла или другого жира. Взвешивают смесь. Результат опыта записывают в журнал.

2) *Тушение огня.* В фарфоровую чашку наливают 2 мл этилового спирта (или дру-

гого легко воспламеняющегося органического вещества), ставят чашку на асбестовую сетку и поджигают спирт. (*Осторожно! Тяга!*) Гасят «пожар» четыреххлористым углеродом.

3) *Гидролиз четырёххлористого углерода.* В пробирку наливают несколько капель  $\text{CCl}_4$  и 2-3 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия, осторожно нагревают смесь 1-2 минуты до начинающегося кипения (при взбалтывании реакционной смеси). Затем охлаждают, сливают щелочную жидкость в другую пробирку, подкисляют ее 20-процентным раствором азотной кислоты и добавляют несколько капель 1-процентного раствора нитрата серебра. Какое вещество выпадает в осадок? Объясните его образование. Запишите необходимое уравнение реакции.

### **Лабораторная работа № 6**

#### **Спирты и простые эфиры**

##### *Опыт 1. Растворимость спиртов, отношение их к индикаторам, горение*

Реактивы: этиловый спирт, пропиловый спирт, бутиловый спирт, раствор иода в иодиде калия (1-процентный раствор).

Оборудование: фарфоровые чашки (или фарфоровые тигли), лучинка.

1) *Растворимость спиртов.* В пробирки наливают по 0,5 мл спиртов: этилового, пропилового, бутилового. Отмечают запах спиртов. В каждую пробирку добавляют по 1 мл воды и содержимое пробирок встряхивают. Сделайте вывод о растворимости спиртов в воде.

Амиловый (изоамиловый) спирт, подобно маслу, всплывает на поверхность воды. Отсюда и возникло название «сивушное масло», под которым понимают смесь высокомолекулярных одноатомных спиртов, в том числе амилового и изоамилового. Высшие спирты могут образоваться при спиртовом брожении, поэтому при разбавлении водой плохо очищенного от сивушного масла этилового спирта происходит помутнение раствора.

2) *Горение спиртов.* В фарфоровые чашки (или тигли) наливают по 2 мл спиртов, располагая их в порядке увеличения молекулярной массы. Поджигают спирты лучинкой и сравнивают характер пламени. Объясните опыт. Рассчитайте процентное содержание углерода в спиртах, использованных для опыта. Напишите уравнения реакций горения спиртов.

##### *Опыт 2. Абсолютизование этилового спирта*

Реактивы: этиловый спирт (ректификат), сульфат меди (II) кристаллический.

Оборудование: фарфоровые чашки или тигли, штатив с пробирками.

В маленькую фарфоровую чашку или тигель помещают примерно 1 г кристаллического сульфата меди (II) и прокаливают его в пламени горелки до исчезновения голубой окраски.

В сухую пробирку наливают 2-3 мл этилового спирта (ректификата) и вносят в него полученный безводный сульфат меди (II) (белого цвета). Слегка нагревают пробирку и размешивают ее содержимое. (Почему изменяется цвет сульфата меди?) Полученный абсолютный этиловый спирт переливают в сухую пробирку. Его используют для получения алкоголята натрия (опыт 4).

Сколько процентов воды содержится в этиловом спирте (ректификате)? Почему воду нельзя удалить перегонкой?

##### *Опыт 3. Высаливание этилового спирта из его водного раствора*

Реактивы: этиловый спирт (ректификат), карбонат калия (или тиосульфат натрия кристаллический).

Оборудование: фарфоровые чашки, пипетки, лучинки, штатив с пробирками.

В пробирку наливают 2,5 мл этилового спирта и при встряхивании добавляют 2,5 мл воды. Смесь разогревается. 1-1,5 мл полученного раствора отливают в фарфоровую чашку и подносят к нему зажженную лучинку.

Загорается ли разбавленный этиловый спирт?

К остатку в пробирке добавляют примерно 2 г порошкообразного карбоната калия

(или тиосульфата натрия), энергично взбалтывают содержимое пробирки и ставят пробирку в штатив. Через некоторое время в пробирке образуются два слоя. Верхний слой (этиловый спирт) пипеткой переносят в фарфоровую чашку и снова подносят к нему горящую лучинку. Воспламеняется ли спирт? Затем исследуют на горючность нижний слой. Объясните результаты опыта.

#### *Опыт 4. Образование и гидролиз алкоголятов натрия*

Реактивы: этиловый спирт (абсолютный), пропиловый (или изопропиловый) спирт, бутиловый спирт, металлический натрий, 1-процентный спиртовой раствор фенолфталеина.

Оборудование: прямые газоотводные трубки с оттянутыми концами.

В три сухие пробирки наливают по 2 мл спиртов: в первую – абсолютный этиловый, во вторую – пропиловый (или изопропиловый), в третью – бутиловый. В каждую пробирку вносят по маленькому кусочку (размером с горошину) очищенного от оксидного слоя металлического натрия. Пробирки закрывают пробками с газоотводными трубками, концы которых оттянуты.

Почему для этого опыта нельзя брать реагификат, а нужно брать абсолютный спирт? Отметьте, в какой пробирке реакция идет наиболее интенсивно, а в какой – медленно.

Через 1-2 минуты после начала реакции поджигают выделяющийся газ у отверстий газоотводных трубок. Если реакция этанола с натрием сильно замедлится, можно слегка подогреть пробирку.

Напишите уравнения реакций спиртов с металлическим натрием. Как расщепляется σ-связь О-Н в этой реакции? Какие свойства спиртов (основные, кислотные) проявляются в реакции с металлическим натрием? Почему спирты реагируют с натрием спокойнее, чем вода?

В пробирки добавляют по 1 капле раствора фенолфталеина. Изменяется ли окраска индикатора?

Доводят реакцию этанола с натрием до конца. Для этого открывают пробирку (снимают пробку) и осторожно подогревают ее. На дне пробирки образуется белый твердый этилат натрия, (кусочков натрия в пробирке быть не должно!) Добавляют в пробирку 1-1,5 мл воды и растворяют в ней этилат натрия. Если окраска не появляется, добавляют 1 каплю раствора фенолфталеина.

Напишите уравнение реакции этилата натрия с водой. Объясните, почему появляется окраска при добавлении фенолфталеина.

#### *Опыт 5. Получение и горение диэтилового эфира*

Реактивы: смесь этилового спирта и концентрированной кислоты (1:1), этиловый спирт.

Оборудование: пипетки, прямые газоотводные трубки с оттянутыми концами, штатив с пробирками.

В сухую пробирку наливают 3 мл смеси этилового спирта и концентрированной серной кислоты (1:1) и осторожно нагревают ее до начинающегося кипения. После этого горелку убирают и к горячей смеси приливают по стенке пробирки из пипетки 5-10 капель этилового спирта. Образующийся диэтиловый эфир обнаруживают по запаху.

Затем пробирку закрывают пробкой с прямой газоотводной трубкой, имеющей оттянутый конец, снова осторожно нагревают пробирку и поджигают выделяющийся эфир. Почему диэтиловый эфир горит светящимся пламенем в отличие от этилового спирта?

Вычислите процентное содержание углерода в диэтиловом эфире.

Напишите уравнение реакции получения диэтилового эфира и рассмотрите ее механизм.

#### *Опыт 6. Реакции окисления спиртов*

Реактивы: этиловый спирт, изопропиловый спирт, хромовая смесь, перманганат калия, концентрированная серная кислота.

Оборудование: пипетки, штатив с пробирками.

1) *Окисление спиртов хромовой смесью.* В две пробирки наливают по 2-3 мл хромовой смеси и по каплям при встряхивании добавляют в одну пробирку 0,5 мл этилового спирта (Осторожно! Смесь сильно разогревается!), а во вторую – 0,5 мл изопропилового спирта. Цвет растворов меняется из оранжевого в зеленый, в пробирке с этиловым спиртом – запах уксусного альдегида, напоминающий запах яблок (нюхать осторожно!), а в пробирке с изопропиловым спиртом – запах ацетона.

Напишите уравнения реакций окисления хромовой смесью этилового спирта в уксусный альдегид, а изопропилового спирта – в ацетон. Подберите коэффициенты.

2) *Окисление этилового спирта перманганатом калия.* (*Тяга!*) В сухую пробирку, закрепленную в штативе, пипеткой аккуратно, не смачивая стенок, вносят 5 мл концентрированной серной кислоты. Затем по стенке другой пипеткой осторожно приливают 5 мл этилового спирта так, чтобы получилось два слоя. После этого насыпают 1-1,5 г  $\text{KMnO}_4$ . Через несколько минут на границе двух слоев появляются яркие вспышки, ощущается запах уксусного альдегида.

Напишите уравнение реакции окисления этилового спирта в уксусный альдегид перманганатом калия и подберите коэффициенты.

#### *Опыт 7. Свойства глицерина и этиленгликоля*

Реактивы: глицерин, этиленгликоль, 2-процентный раствор сульфата меди (II), 10-процентный раствор гидроксида натрия, раствор серной кислоты (1:1), гидросульфат калия.

Оборудование: штатив с пробирками, пипетки.

1) *Получение глицерата меди и гликолята меди.* В пробирку наливают 3-4 капли 2-процентного раствора  $\text{CuSO}_4$  и 2-3 мл 10-процентного раствора  $\text{NaOH}$ . К образовавшемуся осадку голубого цвета приливают несколько капель глицерина и смесь перемешивают. Осадок растворяется, и появляется васильковое окрашивание растворают образующегося комплексного соединения – глицерата меди. Напишите уравнения происходящих реакций, укажите, какие свойства глицерина проявляются.

Опыт повторяют, но вместо глицерина вводят в реакцию этиленгликоль. Напишите уравнение реакции образования гликолята меди.

### *Лабораторная работа № 7* *Ароматические углеводороды*

#### *Опыт 1. Получение бензола из бензоата натрия*

Реактивы: натронная известь, бензоат натрия.

Оборудование: лёд, изогнутые газоотводные трубы, ступки, стеклянные палочки, стаканы на 100 мл, стаканы.

В ступке тщательно растирают 1 г бензоата натрия и 2 г натронной извести. Смесь помещают в сухую пробирку, закрывают пробкой с изогнутой газоотводной трубкой и закрепляют пробирку в лапке штатива с наклоном в сторону пробки. Конец газоотводной трубы опускают в пробирку-приёмник, охлаждаемую водой со льдом. Прогревают сначала всю пробирку, а потом только ту часть, в которой находится реакционная смесь. Образующийся бензол собирают в пробирку-приёмник. Обнаруживают по характерному запаху и горючести. Для этого стеклянную палочку смачивают дистиллятом и подносят к пламени горелки.

#### *Опыт 2. Окисление ароматических углеводородов*

Реактивы: бензол, толуол, 5-процентный раствор перманганата калия, 2 н раствор серной кислоты, бензоат натрия.

Оборудование: водяная баня.

В две пробирки помещают по 1 мл раствора перманганата калия и по 1 мл разбавленной серной кислоты. Затем в одну из них добавляют бензол, а в другую – толуол. Пробирки закрывают пробками с вертикальными газоотводными трубками и нагревают на водяной бане. В одной из пробирок наблюдается побурение и выпадение осадка, а в другой не происходит никаких изменений.

Напишите уравнение реакции перманганата калия с толуолом. Объясните причину различного отношения бензола и толуола к перманганату калия. Следует заметить, что бензол может содержать примеси, способные изменять окраску перманганата калия, поэтому для опыта следует брать предварительно очищенный бензол.

#### *Опыт 2. Нитрование ароматических углеводородов*

Реактивы: бензол, концентрированные азотная и серная кислоты.

Оборудование: водяная баня, лёд.

1) *Нитрование бензола (мягко!).* В маленькой колбе смешивают 4 мл концентрированной серной кислоты (плотность 1,84 г/см<sup>3</sup>) с 3 мл концентрированной азотной кислоты (плотность 1,4 г/см<sup>3</sup>). К полученной смеси приливают по каплям 3 мл бензола, сильно встряхивают содержимое колбы (температура не должна подниматься выше 40°C), охлаждая в случае необходимости водой. Закрыв колбу пробкой с воздушным холодильником, нагревают ее 15 минут на водяной бане до 60°C, часто встряхивая. Затем реакционную смесь охлаждают и выливают в стакан с 20 мл ледяной воды, при этом образуются 2 слоя. Напишите уравнение нитрования бензола. Какова роль серной кислоты при нитровании ароматических соединений? Объясните механизм нитрования ароматических соединений.

#### *Опыт 3. Сульфирование ароматических углеводородов*

Реактивы: бензол, толуол, концентрированная серная кислота.

Оборудование: химические стаканы на 50 мл, водяная баня.

В пробирки помещают по 1 мл каждого из углеводородов и по 4 мл концентрированной серной кислоты. Пробирки закрывают пробками с вертикально вставленными трубками и нагревают на кипящей водяной бане, часто встряхивая смесь. В пробирке с толуолом наблюдается постепенное растворение углеводорода, в пробирке с бензолом никаких изменений не происходит. Когда растворение закончится, то пробирки охлаждают и вещества из них выливают в стаканы, содержащие по 20 мл воды.

Отметьте вид получившейся смеси. Выделяется ли исходный углеводород или продукт реакции? Сделайте вывод о легкости сульфирования различных углеводородов. Объясните механизм реакции сульфирования толуола и влияние алкильного радикала. Напишите уравнения реакций.

## *Лабораторная работа № 8*

### *Фенолы*

#### *Опыт 1. Реакция фенолов с хлоридом железа (III)*

Реактивы: 1-процентный раствор фенола, 1-процентный раствор *m*-крезола, 1-процентный раствор *n*-крезола, 1-процентный раствор пирогаллола, 1-процентный раствор резорцина, 1-процентный раствор гидрохинона, 1-процентный раствор пирокатехина, 1-процентный раствор хлорида железа (III), этиловый спирт, соляная кислота (конц.).

Оборудование: пипетки.

Опыт проводят с каждым из фенолов. В каждую пробирку приливают по 1 мл раствора соответствующего фенола и прибавляют каплю хлорида железа (III). Появляется интенсивное окрашивание: для фенола – фиолетовое, для *m*-крезола – красно-фиолетовое, для *n*-крезола – темно-синее, для пирокатехина и гидрохинона – зелёное, для резорцина – фиолетовое.

Напишите уравнения взаимодействия фенолов с хлоридом железа (III). Чем объясняется появление яркой окраски?

Содержимое пробирки с фенолом и хлоридом железа (III) разделить на две части. К одной добавить несколько капель спирта, к другой – раствора соляной кислоты. Объясните, почему исчезает окраска в опытах со спиртом и соляной кислотой.

#### *Опыт 2. Реакция фенола с азотистой кислотой*

Реактивы: 5-процентный раствор фенола, 5-процентный раствор нитрита натрия, концентрированная серная кислота.

Оборудование: пипетки.

В пробирку помещают 0,5 мл концентрированной серной кислоты и при охлаждении добавляют 2-3 капли раствора фенола. К полученному бесцветному раствору при охлаждении прибавляют каплю раствора нитрита натрия. Образуется интенсивно окрашенная смесь. Напишите уравнение реакции.

*Опыт 3. Образование и разложение фенолятов*

Реактивы: фенол, 2 н раствор гидроксида натрия, 2 н раствор серной кислоты.

*Образование и гидролиз фенолятов.* К 0,1-0,3 г фенола прибавляют 1-2 мл раствора гидроксида натрия. Постепенно происходит растворение фенола. Смесь нагревают до получения однородной жидкости. К охлажденному раствору приливают разбавленную серную кислоту. Наблюдают помутнение раствора. Напишите уравнение реакции образования фенолята натрия. Объясните причину помутнения смеси при реакции с серной кислотой.

*Опыт 4. Реакции электрофильного замещения в фенолах. Бромирование*

Реактивы: 5-процентный раствор фенола, бромная вода.

Оборудование: пипетки.

В пробирку помещают 1 мл водного раствора фенола и при встряхивании по каплям прибавляют бромную воду. Раствор обесцвечивается и выпадает белый осадок. При добавлении избытка бромной воды осадок превращается в желтый.

Напишите уравнение реакции бромирования фенола и рассмотрите механизм данного процесса. Сравните легкость бромирования фенола, бензола и толуола. Какой продукт образуется при действии избытка бромной воды на трибромфенол?

*Опыт 5. Получение и свойства пикриновой кислоты*

Реактивы: фенол, концентрированная серная кислота, азотная кислота (плотность 1,5 г/см<sup>3</sup>).

Оборудование: водяная баня.

*Получение пикриновой кислоты.* В пробирке осторожно смешивают 0,5 г фенола с 1,5 мл концентрированной серной кислоты (*мягко!*), затем смесь нагревают до получения однородной жидкости. Охлажденную жидкость осторожно переливают в пробирку, содержащую 2 мл воды, и постепенно приливают дымящую азотную кислоту. Раствор окрашивается в темно-красный цвет. Затем смесь нагревают 15 минут на водяной бане, и после охлаждения разбавляют равным объемом воды. Выделяются желтые кристаллы пикриновой кислоты.

*Опыт 6. Сульфирование фенола*

Реактивы: фенол, концентрированная серная кислота.

Оборудование: водяная баня.

К 3 мл концентрированной серной кислоты постепенно при встряхивании прибавляют 2 г фенола. (*Осторожно! Фенол вызывает ожоги!*) Смесь разливают в две пробирки. В одну из них постепенно добавляют 3-5 мл холодной воды. При этом фенол выделяется в виде муты, появляется запах. Другую пробирку с однородной смесью нагревают на водяной бане 5 минут и после охлаждения ее выливают в 10 мл холодной воды. Полученная смесь остается однородной, запах фенола отсутствует.

Объясните происхождение изменений в смеси. Напишите уравнение сульфирования фенола. Какого типа эта реакция?

*Опыт 7. Восстановительные свойства многоатомных фенолов*

Реактивы: 5-процентные растворы пирокатехина, резорцина, гидрохинона, пирогаллола, аммиачный раствор оксида серебра.

Оборудование: водяная баня.

В каждую из пробирок, содержащих по 1 мл всех растворов многоатомных фенолов, добавляют аммиачный раствор оксида серебра (0,5 мл) и нагревают на водяной бане. Появляется черный осадок.

Объясните происходящие изменения в пробирках.

*Опыт 8. Окисление фенолов*

Реактивы: растворы фенола, пирокатехина, резорцина, гидрохинона, пирогаллола, 1-процентный раствор перманганата калия, 5-процентный раствор карбоната натрия, 1-процентный раствор нитрата серебра.

Оборудование: водяная баня, пипетки, предметные стёкла.

1) *Окисление фенола.* К раствору карбоната натрия прибавляют водный раствор фенола. Затем при взбалтывании приливают по каплям раствор перманганата калия. Раствор обесцвечивается, и выпадает бурый осадок. Объясните наблюдаемое изменение окраски.

2) *Окисление многоатомных фенолов.* На предметное стекло наносят по капле растворов многоатомных фенолов. К каждому из растворов добавляют по 1 капле 1-процентного раствора нитрата серебра. Происходит восстановление серебра. Скорость реакции различна. Очень медленно восстанавливается серебро резорцин, гидрохинон и пирокатехин – интенсивнее. Быстрее всего окисляется пирогаллол. Его раствор становится коричневым и на поверхности выделяется плёнка металлического серебра.

### **Лабораторная работа № 9**

#### **Альдегиды и кетоны**

*Опыт 1. Получение альдегидов и некоторые цветные реакции на них.*

Реактивы: этиловый спирт, 10-процентный раствор формальдегида, фуксинсернистая кислота, концентрированная соляная кислота, 2-процентный водный раствор нитропруссида натрия, ацетон, 10-процентный раствор NaOH .

Оборудование: спираль из медной проволоки, пипетки, изогнутые трубы.

1) *Реакция альдегидов с фуксинсернистой кислотой.* В пробирку наливают 1 мл раствора фуксинсернистой кислоты и добавляют несколько капель 10-процентного раствора формальдегида. Пробирку ставят в штатив. Через несколько минут в пробирке с формальдегидом появляется фиолетовая окраска.

При добавлении к окрашенному раствору 0,5 мл концентрированной соляной кислоты происходит следующее изменение: окраска в пробирке с формальдегидом переходит в фиолетово-синюю.

Объясните результаты опыта. Что собой представляет фуксинсернистая кислота?

2) *Цветная реакция на формальдегид с резорцином.* В пробирку наливают 3 мл 0,5-процентного раствора резорцина и 1 мл 10-процентного раствора формальдегида. Пипеткой осторожно по стенке добавляют 1-2 мл концентрированной серной кислоты. На границе двух жидкостей появляется малиновое кольцо.

3) *Получение уксусного альдегида окислением этилового спирта оксидом меди (II).* Для получения уксусного альдегида смачивают спиртом стенки сухой пробирки. Нагревают спираль из медной проволоки в пламени газовой горелки до образования на ее поверхности черного налета оксида меди (II). Раскаленную докрасна спираль опускают в подготовленную пробирку. Эту операцию повторяют несколько раз. Этиловый спирт превращается в уксусный альдегид, имеющий резкий запах. (*Нюхать осторожно!*) В небольших концентрациях уксусный альдегид пахнет яблоками. Обнаруживают его цветной реакцией с фуксинсернистой кислотой.

Напишите уравнение реакции окисления этилового спирта в уксусный альдегид оксидом меди (II).

4) *Реакция альдегидов и кетонов с нитропруссидом натрия.* В две пробирки наливают по 1 мл дистиллированной воды, затем в одну из них добавляют 0,5 мл уксусного альдегида, в другую – такой же объём ацетона. К полученным растворам приливают по 0,5 мл раствора нитропруссида натрия  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$  и 0,5 мл 10-процентного раствора NaOH. Наблюдают появление красно-фиолетового окрашивания, которое при стоянии переходит в жёлтое, а в случае ацетона – в вишнево-красное.

Следует отметить, что более яркое окрашивание дают кетоны. Цветная реакция на ацетон с нитропруссидом натрия (проба Легаля) применяется в медицине.

*Опыт 2. Получение и свойства ацетона*

Реактивы: ацетат кальция, ацетон, свежеприготовленный, концентрированная уксусная кислота.

1) *Получение ацетона пиролизом ацетата кальция.* В сухую пробирку насыпают безводный ацетат кальция (3-4 см высотой), равномерно распределяют его по нижней стенке пробирки. Пробирку закрывают пробкой, изогнутой под тупым углом, закрепляют в лапке штатива с наклоном в сторону пробки. Конец газоотводной трубы опускают в пробирку – приёмник с 1,5-2 мл дистиллированной воды. Сначала прогревают всю пробирку, затем прокаливают её, начиная со дна. Соль плавится, затем разлагается с образованием ацетона. Обнаруживают ацетон пробой Легала.

#### *Опыт 3. Реакции нуклеофильного присоединения к карбонильной группе*

Реактивы: насыщенный раствор гидросульфита натрия  $\text{NaHSO}_3$ , ацетон, 10-процентный раствор  $\text{HCl}$ , 10-процентный раствор  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

В пробирку наливают 3 мл насыщенного раствора гидросульфита натрия и при энергичном встряхивании добавляют 1 мл ацетона. Смесь разогревается. При ее охлаждении в ледяной воде выпадает кристаллический осадок. Если осадок сразу не появляется, то кристаллизацию вызывают потиранием стеклянной палочкой стенки пробирки.

Напишите уравнение реакции ацетона с гидросульфитом натрия. Возможна ли реакция с метилэтилкетоном или диэтилкетоном?

#### *Опыт 4. Реакции окисления альдегидов*

Реактивы: формалин (40-процентный раствор формальдегида), 5-процентный раствор формальдегида, ацетон, 1-процентный раствор гидроксида натрия, 2-процентный раствор сульфата меди (II).

Оборудование: бани водяные, термометры.

1) *Окисление формальдегида аммиачным раствором гидроксида серебра (реакция «серебряного зеркала»).* Для получения «серебряного зеркала» необходимо сначала хорошо вымыть пробирку. Для этого в пробирке кипятят (осторожно!) в течение 1-2 минут около 5 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия, а затем споласкивают ее дистилированной водой. В вымытой пробирке готовят аммиачный раствор гидроксида серебра: к 2-3 мл 1-процентного раствора нитрата серебра прибавляют по каплям при встряхивании 5-процентный раствор аммиака до тех пор, пока образующийся сначала осадок полностью растворится. Избыток аммиака в растворе снижает чувствительность реакции. К полученному бесцветному раствору прибавляют несколько капель 5-процентного раствора формальдегида и опускают пробирку на несколько минут в водянную баню ( $60-70^\circ\text{C}$ ). На стенках пробирки постепенно выделяется слой серебра в виде зеркала, иногда серебро выделяется в виде темного осадка.

Напишите уравнения реакций образования аммиачного раствора гидроксида серебра и окисления им формальдегида до муравьиной кислоты.

2) *Окисление формальдегида гидроксидом меди (II).* В пробирку наливают 2 мл 5-процентного раствора формальдегида, 2 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия и при встряхивании добавляют по каплям 2-процентный раствор сульфата меди (II) до появления неисчезающей взвеси. Верхнюю часть жидкости нагревают до начала кипения. Голубая окраска меняется на желтую (осадок), а затем на красную (осадок). Эта реакция, как и реакция «серебряного зеркала», является качественной реакцией на альдегиды.

Какие соединения меди имеют голубую, желтую и красную окраску? Напишите уравнение реакции окисления формальдегида гидроксидом меди (II) в муравьиную кислоту.

### *Лабораторная работа № 10*

#### *Карбоновые кислоты и их производные*

#### *Опыт 1. Растворимость предельных карбоновых кислот в воде и в органических растворителях*

Реактивы: карбоновые кислоты: муравьиная, уксусная, стеариновая (или пальмитиновая), диэтиловый эфир (или бензол).

Оборудование: штатив с пробирками.

В пробирки вносят по 0,5г следующих кислот: муравьиной, уксусной, стеариновой и добавляют по 2 мл воды. Содержимое пробирок взбалтывают, если кислота не растворяется, пробирку нагревают. После охлаждения отмечают растворимость в воде взятых для опыта кислот.

Опыт повторяют, но в качестве растворителя используют диэтиловый эфир (или бензол). Отмечают результаты в рабочем журнале.

### *Опыт 2. Получение и свойства муравьиной кислоты*

Реактивы: хлороформ, 10-процентный раствор гидроксида натрия, 1-процентный раствор нитрата серебра, 5-процентный раствор аммиака, муравьиная кислота (или формиат натрия), концентрированная серная кислота, 10-процентный раствор серной кислоты, 5-процентный раствор KMnO<sub>4</sub>, известковая вода.

Оборудование: бани водяные, изогнутые газоотводные трубы, пипетки, штатив с пробирками.

1) *Получение муравьиной кислоты гидролизом хлороформа.* В пробирку наливают 5-6 капель хлороформа, добавляют 2-3 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия и при встряхивании осторожно нагревают в течение 3-4 минут. Смесь не должна кипеть, так как хлороформ может испариться.

Напишите уравнение реакции получения муравьиной кислоты гидролизом хлороформа (в щелочной среде образуется соль муравьиной кислоты – формиат натрия).

2) *Взаимодействие муравьиной кислоты с аммиачным раствором гидроксида серебра (реакция “серебряного зеркала”).* В молекуле муравьиной кислоты имеется альдегидная группа, поэтому открыть ее в растворе можно реакциями, характерными для альдегидов, например, реакцией “серебряного зеркала”.

В пробирке готовят аммиачный раствор гидроксида серебра. Для этого к 1-2 мл 1-процентного раствора нитрата серебра добавляют 1-2 капли 10-процентного раствора гидроксида натрия, образовавшийся осадок оксида серебра растворяют, добавляя по каплям 5-процентный раствор аммиака. К полученному прозрачному раствору добавляют 0,5 мл раствора формиата натрия, образовавшегося при гидролизе хлороформа (см. опыт 1.). Пробирку с реакционной смесью нагревают несколько минут на водяной бане (60-70 °C). Металлическое серебро выделяется в виде зеркального налета на стенках пробирки или в виде темного осадка.

Напишите уравнение реакции окисления формиата натрия аммиачным раствором гидроксида серебра и подберите коэффициенты методом электронного баланса.

3) *Окисление муравьиной кислоты перманганатом калия* В пробирку помещают примерно 0,5 г муравьиной кислоты или ее соли, 0,5 мл 10-процентного раствора серной кислоты и 1 мл 5-процентного раствора KMnO<sub>4</sub>. Пробирку закрывают пробкой с газоотводной трубкой, конец которой опускают в другую пробирку с 2 мл известковой (баритовой) воды и нагревают реакционную смесь.

Какие изменения в пробирках вы наблюдаете? Напишите уравнения реакции.

### *Опыт 3. Получение и свойства уксусной кислоты*

Реактивы: ацетат натрия, ацетат кальция, концентрированная серная кислота, 10-процентный раствор серной кислоты, ледяная уксусная кислота, 10-процентный раствор уксусной кислоты, метиловый оранжевый, раствор синего лакмуса, 1-процентный спиртовой раствор фенолфталеина, 10-процентный раствор ацетата натрия, 3-процентный раствор хлорида железа (III), 10-процентный раствор карбоната натрия, металлический магний, оксид меди (II), 1-процентный раствор перманганата калия, 5-процентный раствор серной кислоты, синяя лакмусовая бумага.

Оборудование: изогнутые газоотводные трубы, прямые газоотводные трубы с оттянутым концом, химические стаканы (50-100 мл), лед, штатив с пробирками.

1) *Получение уксусной кислоты из ее солей (мяг!)*. В пробирку помещают 1г ацетата натрия и добавляют 2-3мл концентрированной серной кислоты. Пробирку закрывают

пробкой с газоотводной трубкой и осторожно нагревают реакционную смесь. Выделяющуюся уксусную кислоту определяют по запаху (*осторожно!*) и по изменению цвета влажной синей лакмусовой бумаги, поднесенной к отверстию газоотводной трубы.

Напишите уравнение реакции.

2) *Кристаллизация уксусной кислоты.* Уксусная кислота имеет температуру плавления +16,6 °С. При охлаждении она кристаллизуется, причем ее кристаллы похожи на лед, поэтому безводную уксусную кислоту принято называть «ледяной».

Пробирку с 1-2 мл ледяной уксусной кислоты ставят на несколько минут в стакан со льдом. Отмечают вид кристаллов.

3) *Горение паров уксусной кислоты (мяга!).* В сухую пробирку наливают 1-2 мл ледяной уксусной кислоты, закрывают ее пробкой с газоотводной трубкой, имеющей оттянутый конец, и осторожно нагревают до кипения. Выделяющиеся пары кислоты поджигают. Они горят слабосветящимся голубым пламенем.

Напишите уравнение реакции горения уксусной кислоты.

4) *Кислотные свойства уксусной кислоты.* В три пробирки наливают по 1 мл 10-процентного раствора уксусной кислоты. В первую пробирку добавляют 1-2 капли метилового оранжевого, во вторую – 1-2 капли раствора синего лакмуса, в третью - 1-2 капли 1-процентного спиртового раствора фенолфталеина. Отмечают, в каких пробирках изменилась окраска.

Результаты опыта записывают в журнал.

5) *Взаимодействие уксусной кислоты с карбонатом натрия.* К 3-4 мл 10-процентного раствора карбоната натрия приливают 2-3 мл ледяной уксусной кислоты.

Что вы наблюдаете? Напишите уравнение реакции. Какой вывод можно сделать о кислотных свойствах уксусной и угольной кислот? Будет ли уксусная кислота реагировать с растворами сульфата натрия и хлорида натрия?

6) *Взаимодействие уксусной кислоты с магнием и с оксидом меди (II).* В пробирку наливают 2-3 мл уксусной кислоты, добавляют немного металлического магния и закрывают пробирку прямой газоотводной трубкой с оттянутым концом. Через некоторое время поджигают выделяющийся газ.

Напишите уравнение реакции.

К 0,2г оксида меди (II), помещенного в пробирку, приливают 2-3мл уксусной кислоты, затем пробирку осторожно нагревают. Обращают внимание на цвет раствора.

Напишите уравнение реакции.

7) *Образование и гидролиз ацетата железа (III).* В пробирку наливают 2-3 капли 10-процентного раствора ацетата натрия и прибавляют несколько капель 3-процентного раствора хлорида железа (III). Появляется желтовато-красное окрашивание раствора вследствие образования растворимой комплексной соли – хлорида основного гексацетата железа (III)  $[Fe_3(OH)_2(CH_3COO)_6]^{+}Cl^-$ . При кипячении раствора происходит гидролиз комплексной соли (упрощенно - ацетата железа) с образованием основной соли – двузамещенного ацетата железа (III), которая выпадает в виде хлопьев красно-бурого цвета.

Напишите уравнения реакций: образования ацетата железа (III) и его гидролиза. Этую реакцию применяют для удаления из раствора ионов трехвалентного железа. Аналогично реагируют с хлоридом железа (III) муравьиная и пропионовая кислоты.

*Опыт 4. Получение и свойства предельных высших кислот и их солей*

Реактивы: мыло (стружки), 1-процентный водный раствор мыла, спиртовой раствор мыла, 10-процентный раствор серной кислоты, 10-процентный раствор соляной кислоты, 10-процентный раствор уксусной кислоты, 5-процентный раствор ацетата свинца, 5-процентный раствор хлорида кальция, 5-процентный раствор сульфата меди (II), 1-процентный спиртовой раствор фенолфталеина, 10-процентный раствор гидроксида натрия, хлорид натрия, диэтиловый эфир, бензол (или керосин, скрипидар), стеарин, подсолнечное масло.

Оборудование: пипетки, часовые стекла, стаканы (50-100 мл), корковые пробки к

пробиркам, штатив с пробирками.

1) *Кислотные свойства высших предельных кислот.* В сухой пробирке растворяют примерно 0,5 стеарина в диэтиловом эфире (без нагревания) и добавляют 2 капли 1-процентного спиртового раствора фенолфталеина. Затем по каплям приливают 10-процентный раствор гидроксида натрия. Появляющаяся вначале малиновая окраска исчезает при встряхивании.

Напишите уравнение реакции стеариновой кислоты с гидроксидом натрия. (Стеарин представляет собой смесь стеариновой и пальмитиновой кислот.)

2) *Гидролиз натриевых солей высших жирных кислот (гидролиз мыла).* В сухую пробирку наливают 0,5 мл спиртового раствора мыла и прибавляют 2 капли спиртового раствора фенолфталеина.

Появляется ли окраска? Затем в пробирку постепенно приливают дистиллированную воду. Что при этом происходит? Как можно объяснить этот опыт? Напишите уравнение реакции гидролиза мыла.

3) *Выделение высших жирных кислот из мыла.* В стакане растворяют 1 г мыльной стружки в 10 мл дистиллированной воды. Полученный раствор разливают в четыре пробирки. К одной части приливают 2 мл 10-процентного раствора серной кислоты.

Что вы наблюдаете? Напишите уравнение реакции.

Смесь нагревают почти до кипения. Расплавившиеся жирные кислоты всплывают в виде слоя, затвердевающего при охлаждении пробирки. Какие высшие предельные кислоты входят в состав мыла?

К охлажденной смеси добавляют 3 мл диэтилового эфира. Пробирки закрывают корковыми пробками и энергично встряхивают. Водный слой становится прозрачнее, жирные кислоты растворяются в эфире. Эфирный раствор осторожно с помощью пипетки переносят на часовое стекло. После испарения эфира на стекле остается осадок, напоминающий парафин.

4) *Эмульгирующие свойства мыла.* В две пробирки наливают по 2-3 капли подсолнечного масла. В одну из них приливают 2 мл дистиллированной воды, а в другую – 2 мл 1-процентного раствора мыла. Энергично встряхивают обе пробирки. В пробирке с мылом образуется довольно устойчивая молочно-белая эмульсия, в пробирке с водой капельки масла выделяются и постепенно всплывают: эмульсия масла в воде неустойчива. Моющие свойства мыла объясняются его эмульгирующими свойствами, понижающими поверхностное натяжение капелек масла. Это приводит к значительному увеличению устойчивости пены и эмульсии.

#### *Опыт 5. Взаимодействие бензойной, салициловой и коричной кислот с бромом*

Реактивы: бензойная, салициловая и коричная кислоты, бромная вода.

Оборудование: пипетка, синяя лакмусовая бумага.

В трех пробирках готовят насыщенные растворы бензойной, салициловой и коричной кислот в 3 мл воды. В каждую из пробирок добавляют несколько капель бромной воды и наблюдают за происходящими изменениями. (Объясните механизм данных реакций.) К пробиркам подносят влажную синюю лакмусовую бумагу. Что при этом наблюдается? Напишите уравнения реакций.

#### *Опыт 6. Взаимодействие бензойной и салициловой кислот с хлоридом железа (III)*

Реактивы: бензойная и салициловая кислоты, раствор хлорида железа (III).

Оборудование: пипетки.

В одну пробирку помещают несколько кристаллов бензойной кислоты, в другую – салициловой, а затем приливают несколько капель воды и нагревают. К полученным растворам кислот добавляют по капле 0,1 н раствора хлорида железа (III).

Объясните различие в изменении окраски растворов.

#### *Опыт 7. Получение эфиров кислот*

Реактивы: ледяная уксусная кислота, этиловый спирт, концентрированная серная кислота, насыщенный раствор хлорида натрия.

Оборудование: стаканы химические на 50 мл, водяная баня, термометры, обратные холодильники к пробиркам.

*Получение этилацетата.* В сухую пробирку наливают 2 мл этилового спирта, 2 мл ледяной уксусной кислоты и 1 каплю концентрированной серной кислоты. Пробирку закрывают пробкой с обратным холодильником и нагревают на водяной бане 5-10 минут при температуре 70°C.

Раствор охлаждают и к содержимому пробирки приливают 3-4 мл насыщенного раствора хлорида натрия. Этилацетат в процессе высаливания всплывает, образуя слой бесцветной жидкости с приятным запахом.

Напишите уравнение реакции образования этилцетата.

### **Лабораторная работа № 11**

#### **Непредельные карбоновые кислоты и жиры**

##### *Опыт 1. Свойства олеиновой кислоты*

Реактивы: олеиновая кислота, 2-процентный раствор перманганата калия, 10-процентный раствор карбоната натрия, бромная вода (насыщенный раствор), концентрированная азотная кислота, медь (стружки или проволока).

Оборудование: штатив с пробирками.

1) *Реакция олеиновой кислоты с бромной водой.* В пробирку наливают 2 мл воды и вносят около 0,5г олеиновой кислоты. Смесь энергично взбалтывают.

Что происходит? Напишите уравнение реакции.

2) *Окисление олеиновой кислоты перманганатом калия.* В пробирку помещают 1 мл 5-процентного раствора перманганата калия, 1 мл 10-процентного раствора карбоната натрия и 0,5 мл олеиновой кислоты. Смесь энергично перемешивают. Отмечают изменения, происходящие с реакционной смесью.

Напишите уравнение реакции и подберите коэффициенты. Какие выводы можно сделать на основании результатов опытов?

##### *Опыт 2. Жиры и масла*

Реактивы: подсолнечное масло, животный жир (сливочное масло, бараний жир), этиловый спирт, диэтиловый эфир, хлороформ, четыреххлористый углерод, 10-процентный раствор карбоната натрия, 2-процентный раствор перманганата калия, бромная вода.

Оборудование: штатив с пробирками.

1) *Растворимость жиров и масел в органических растворителях.* В четыре пробирки наливают по 2 капли подсолнечного масла и добавляют по 2 мл органических растворителей: в первую пробирку – этиловый спирт, во вторую – диэтиловый эфир, в третью – хлороформ, в четвертую – четыреххлористый углерод. Содержимое всех пробирок энергично встряхивают.

В каких растворителях масло растворяется? Результат опыта записывают в журнал. Пробирку, в которой образовалась эмульсия, нагревают до начинающегося кипения и встряхивают. Увеличивается ли растворимость масла при нагревании?

Опыт повторяют, но вместо подсолнечного масла в пробирки с органическими растворителями вносят небольшое количество животного жира (свиного, говяжьего или бараньего сала).

2) *Взаимодействие растительного масла с водным раствором перманганата калия (реакция Е.Е. Вагнера).* В пробирку наливают примерно 0,5 мл подсолнечного масла, 1 мл 10-процентного раствора карбоната натрия и 1 мл 2-процентного раствора перманганата калия. Энергично встряхивают содержимое пробирки. Фиолетовая окраска перманганата калия исчезает.

Напишите уравнение реакции дипальмитоолеина с перманганатом калия в водной среде и подберите коэффициенты.

3) *Определение непредельности растительного масла реакцией с бромной водой.* В пробирку вносят 0,5мл растительного масла и 1-2 капли насыщенной бромной воды, кото-

рая при встряхивании содержимого пробирки быстро обесцвечивается.

Напишите уравнение реакции присоединения брома к трилиноволеину.

### *Лабораторная работа № 12*

#### *Амины*

##### *Опыт 1. Получение этиламида из ацетамида*

В пробирке растворяют примерно 0,5 г ацетамида в 5 мл этилового спирта. Затем вносят в раствор 2 кусочка металлического натрия размером с горошину и быстро закрывают пробирку пробкой с изогнутой газоотводной трубкой, конец которой опускают в пробирку-приемник, содержащую 2 мл этилового спирта. Пробирку с реакционной смесью периодически встряхивают. Реакцию ведут до полного исчезновения металлического натрия. Отмечают запах раствора в пробирке-приемнике. Полученный спиртовой раствор этиламина используют в последующих опытах.

Напишите уравнения реакций этилового спирта с натрием, восстановления ацетамида водородом (водород в момент выделения).

##### *Опыт 2. Горение аминов и взаимодействие их с водой*

В сухую пробирку помещают примерно 0,5 г хлорида метиламмония и примерно 1 г натронной извести. Смесь тщательно перемешивают стеклянной палочкой. Пробирку закрывают пробкой с прямой газоотводной трубкой, имеющей оттянутый конец, и нагревают реакционную смесь пламенем горелки. Выделяющийся метиламин поджигают у конца газоотводной трубы. В отличие от амиака амины горят на воздухе. Затем подносят к отверстию газоотводной трубы влажную красную лакмусовую бумагу; она синеет, так как при растворении метиламина в воде образуются гидроксид-ионы.

Напишите уравнения реакций: образование метиламина из хлорида метиламмония и гидроксида натрия, горение метиламина, взаимодействие метиламина с водой.

*Опыт 3. Образование солей аминов.* Метиламин получают нагреванием хлорида метиламмония с натронной известью. К отверстию пробирки, из которой выделяется газообразный метиламин, подносят стеклянную палочку, смоченную концентрированной соляной кислотой. Палочка окутывается туманом.

Объясните опыт и напишите уравнение реакции.

В две пробирки наливают по 1-2 мл: в одну – 3-процентный раствор хлорида железа (III), в другую – 5-процентный раствор сульфата меди (II). В каждую пробирку приливают по 1 мл раствора аминов, полученных в опыте 2 или 3. Можно в пробирки с растворами  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{CuSO}_4$  пропускать газообразный метиламин. В пробирке с раствором хлорида железа (III) выпадает бурый осадок, а в пробирке с раствором сульфата меди (II) образующийся вначале осадок голубого цвета растворяется с образованием комплексной соли, окрашенной в ярко-синий цвет.

Напишите уравнения реакций (с  $\text{FeCl}_3$  в ионном виде).

*Опыт 4. Реакция первичных аминов с азотистой кислотой.* Эту реакцию используют как качественную реакцию на первичные амины алифатического ряда. В пробирку наливают 1 мл раствора метиламина (см. опыт 3) или растворяют в 1 мл воды 0,2 г хлорида метиламмония, затем приливают 1 мл 10-процентного раствора нитрита натрия. При добавлении к реакционной смеси нескольких капель ледяной уксусной кислоты выделяется азот в виде мелких пузырьков.

Напишите уравнение реакции.

*Опыт 5. Реакция аминов с пикриновой кислотой.* Большинство аминов дает с пикриновой кислотой хорошо кристаллизующиеся соединения (т.пл. 150-220 °C). Амиак и соли аммония подобных соединений не образуют.

К 0,5 мл раствора аминов приливают 1,5 мл насыщенного водного раствора пикриновой кислоты. Смесь перемешивают, затем пробирку помещают в стакан с ледяной водой. Через некоторое время выделяются кристаллы смеси пикратов аминов.

##### *Опыт 6. Образование и разложение солей анилина*

Реактивы: анилин, этиловый спирт, концентрированная соляная кислота, разбав-

ленная серная кислота, раствор гидроксида натрия, красная лакмусовая бумага.

К 5 - 6 каплям анилина добавляют 2-3 мл воды и смесь сильно встряхивают. В полученную эмульсию опускают красную лакмусовую бумагу. Окраска индикатора не меняется.

Эмульсию анилина делят на две части. К одной части прибавляют по каплям при встряхивании концентрированную соляную кислоту. Постепенно эмульсия превращается в однородную жидкость. При прибавлении к ней раствора гидроксида натрия жидкость мутнеет. К другой части эмульсии анилина прибавляют по каплям при встряхивании разбавленную серную кислоту. Выпадает белый осадок. При добавлении раствора гидроксида натрия осадок растворяется и жидкость мутнеет.

Напишите уравнения происходящих реакций.

#### *Опыт 7. Бромирование анилина*

Реактивы: анилин, бромная вода.

К 5 мл воды приливают 2-3 капли анилина и смесь сильно встряхивают. К полученной эмульсии по каплям прибавляют бромную воду. Смесь обесцвечивается и выпадает белый осадок триброманилина.

Объясните легкость образования трибромзамещенного анилина и место вступления электрофильного агента в молекулу анилина. Рассмотрите механизм бромирования.

### *Лабораторная работа № 13*

#### *Аминокислоты*

##### *Опыт 1. Свойства аминокислот*

Реактивы: 2-процентный раствор аминоуксусной кислоты (глицин), 10-процентный раствор аминоуксусной кислоты, 1-процентный раствор аминоуксусной кислоты, растворы индикаторов в капельницах: метиловый оранжевый, метиловый красный, лакмус, 40-процентный раствор формальдегида (формалин) – нейтрализованный, оксид меди (II), 10-процентный раствор гидроксида натрия, 10-процентный раствор нитрита натрия, ледяная уксусная кислота, 0,1-процентный раствор нингидрина, натрий металлический.

Оборудование: химические стаканы (100 мл), лед фильтровальная бумага, пинцеты, скальпели, бани песчаные, термометры (300°C), штатив с пробирками.

1) Отношениеmonoаминомонокарбоновых кислот к индикаторам. В три пробирки наливают по 1 мл 2-процентного раствора аминоуксусной кислоты (глицина) и добавляют по 2 капли растворов индикаторов: в одну пробирку – метилового оранжевого, в другую – метилового красного, в третью – лакмуса.

Меняется ли окраска индикаторов? Объясните результаты опыта.

2) Реакция аминоуксусной кислоты с формальдегидом. В пробирку к 2 мл 2-процентного раствора аминоуксусной кислоты прибавляют 1 каплю индикатора метилового красного. Раствор окрашивается в желтый цвет. Этот индикатор применяют для обнаружения в растворах кислот: в кислой среде в интервале pH 4,2 – 6,2 желтая окраска индикатора меняется на красную. Водный раствор аминоуксусной кислоты имеет нейтральную реакцию.

Добавляют к раствору аминоуксусной кислоты 1 мл нейтрализованного формалина. Желтая окраска раствора переходит в красную, следовательно, реакция раствора стала кислой. Формальдегид присоединяется к аминогруппам, связывает их, карбоксильные группы при этом освобождаются и обусловливают кислую реакцию раствора.

Напишите уравнения реакций аминоуксусной кислоты с 1 моль формальдегида (образование N-монооксиметиламиноуксусной кислоты) и с 2 моль формальдегида (образование N,N-диоксидиметиламиноуксусной кислоты).

3) Образование медной соли аминоуксусной кислоты. В пробирке нагревают при встряхивании смесь 0,5 г оксида меди (II) и 2-3 мл 2-процентного раствора аминоуксусной кислоты. Через 2-3 минуты пробирку ставят в штатив. После отстаивания хорошо видна синяя окраска раствора. Отливают примерно 0,5 мл раствора и добавляют к нему 1-2 кап-

ли 10-процентного раствора гидроксида натрия. Выпадает ли осадок гидроксида меди (II)?

Избыточную жидкость сливают с осадка оксида меди (II) в пробирку и охлаждают ее в стакане с ледяной водой. Постепенно выпадают кристаллы труднорастворимой медной соли аминоуксусной кислоты. Образование комплексных окрашенных в синий цвет медных солей характерно для  $\alpha$ -аминокислот.

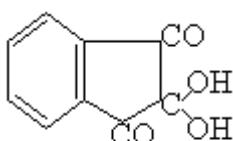
Напишите уравнение реакции образования комплексной медной соли аминоуксусной кислоты.

4) *Реакция аминокислот с азотистой кислотой.* Аминокислоты, как и первичные амины, реагируют с азотистой кислотой с выделением азота. Эту реакцию используют для количественного определения аминокислот.

К 2 мл 10-процентного раствора аминоуксусной кислоты приливают 2 мл 10-процентного раствора нитрита натрия и 2 капли ледяной уксусной кислоты. При встряхивании содержимого пробирки обильно выделяются пузырьки газа азота.

Напишите уравнение реакции аминоуксусной кислоты с азотистой кислотой.

5) *Реакция  $\alpha$ -аминокислот с нингидрином.* Реакция с нингидрином очень чувствительна. Ее применяют для качественного и количественного анализа  $\alpha$ -аминокислот. Нингидрин разлагает  $\alpha$ -аминокислоты на альдегиды, оксид углерода (IV) и аммиак.



Нингидрин

Аммиак конденсируется с избытком нингидрина и с продуктами его восстановления. Продукты конденсации окрашены в розово-фиолетовый цвет. Различные  $\alpha$ -аминокислоты образуют окрашенные соединения, отличающиеся оттенком. Механизм реакции  $\alpha$ -аминокислот с нингидрином рассматривается в курсе биохимии.

К 2 мл 1-процентного раствора аминоуксусной кислоты приливают 2-3 капли 0,1-процентного раствора нингидрина. Содержимое пробирки встряхивают и ставят в штатив. Через некоторое время появляется фиолетовая окраска с синеватым оттенком.

#### *Лабораторная работа № 14*

##### *Моносахариды*

###### *Опыт 1. Реакции на гидроксильные группы в моносахаривах*

Реактивы: 1-процентный раствор глюкозы, 1-процентный раствор фруктозы, 10- и 20-процентный растворы глюкозы, 10-процентный раствор гидроксида натрия, 5-процентный раствор сульфата меди (II), известковое молоко (свежеприготовленная 10-15-процентная суспензия гидроксида кальция в воде).

*Оборудование:* водяная баня, термометр на 100°C, прибор для получения CO<sub>2</sub>, стеклянные воронки, фильтровальная бумага, пипетки.

1) *Реакция моносахарида со щелочным раствором гидроксида меди (II).* В пробирке смешивают 2 мл 1-процентного раствора глюкозы и 1 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия, затем по каплям добавляют 5-процентный раствор сульфата меди. Образующийся вначале голубой осадок гидроксида меди (II) при встряхивании растворяется, получается синий прозрачный раствор комплексного алкоголята (сахарата) меди (II). Реакция доказывает присутствие нескольких гидроксильных групп в молекуле глюкозы. Опыт повторяют с использованием 1-процентного раствора фруктозы.

Напишите уравнение реакции глюкозы с гидроксидом меди (II).

2) *Реакция моносахаридов с гидроксидом кальция.* К 2 мл 20-процентного раствора глюкозы добавляют по каплям при встряхивании известковое молоко. Гидроксид кальция растворяется, образуя глюкозат кальция. Гидроксид кальция добавляют до появления нерастворимого осадка. Раствор фильтруют. Через фильтрат пропускают ток углекислого газа из прибора. Выпадает осадок карбоната кальция, который растворяется при избытке CO<sub>2</sub>.

Напишите уравнения реакций: образование глюкозата кальция и взаимодействие глюкозата с углекислым газом.

*Опыт 2. Реакции на карбонильные группы в моносахаридах.*

*Реактивы:* 1-процентный раствор глюкозы, 1-процентный раствор фруктозы, 2-процентный раствор глюкозы, 2-процентный раствор фруктозы, 10-процентный раствор глюкозы, 10-процентный раствор формальдегида, фуксинсернистая кислота, 5-процентный раствор сульфата меди (II), 10-процентный раствор гидроксида натрия, реагент Фелинга, 1-процентный раствор нитрата серебра, 5-процентный раствор глюкозы.

*Оборудование:* водяная баня, термометр на 100°C, пипетки.

1) *Реакции фуксинсернистой кислоты с формальдегидом и глюкозой.* В две пробирки наливают по 1,5 мл раствора фуксинсернистой кислоты. В одну пробирку приливают 1,5 мл 10-процентного раствора формальдегида, в другую – 1,5 мл 10-процентного раствора глюкозы. Содержимое пробирок перемешивают. Через некоторое время в пробирке с формальдегидом появляется фиолетово-розовое окрашивание. Раствор, содержащий глюкозу, остается неокрашенным.

Почему глюкоза (и другие моносахариды) не дает некоторых реакций на карбонильные группы? Например, она не реагирует с фуксинсернистой кислотой и с гидросульфитом натрия.

2) *Окисление моносахаридов гидроксидом меди (II) в щелочной среде.* В пробирке смешивают 3 мл 1-процентного раствора гидроксида натрия. Затем по каплям при встряхивании добавляют 5-процентный раствор сульфата меди до появления не исчезающей при встряхивании мутти. Избыток гидроксида меди (II) мешает реакции, так как при нагревании он теряет воду и превращается в оксид меди CuO черного цвета. Если же гидроксида меди (II) слишком мало, то не связанная с ним глюкоза при нагревании осмоляется, продукты осмоления темного цвета маскируют реакцию. Содержимое пробирки нагревают до начинающегося кипения так, чтобы нагревалась лишь верхняя часть раствора, а нижняя оставалась для контроля. В нагретой части раствора появляется желтый осадок гидроксида меди (I), вскоре переходящий в красный осадок оксида меди (I). Опыт повторяют, но вместо раствора глюкозы берут 1-процентный раствор фруктозы.

В условиях опыта одинаково легко окисляются гидроксидом меди (II) и альдозы (глюкоза), и кетозы (фруктоза). Объясняется это тем, что при нагревании с окислителем в щелочной среде углеродные цепи молекул моносахаридов расщепляются, при этом образуется смесь веществ, в том числе легко окисляющихся (формальдегид, муравьиная кислота и др.). Среди продуктов окисления обнаружена также глюконовая (одноосновная) кислота. Она образуется при окислении глюкозы, которая образуется из фруктозы в результате процесса эпимеризации.

Напишите уравнение реакции окисления глюкозы в глюконовую кислоту гидроксидом меди (II).

3) *Окисление моносахаридов реагентом Фелинга.* Наливают в две пробирки по 1,5 – 2 мл растворов моносахаридов: в одну пробирку – 1-процентный раствор глюкозы, в другую – 1-процентный раствор фруктозы. Затем в каждую пробирку добавляют равный объем реагента Фелинга, содержимое пробирок перемешивают и нагревают верхнюю часть раствора до начинающегося кипения. В верхней части жидкости в обеих пробирках появляется желтый осадок гидроксида меди (I), переходящий в красный осадок оксида меди (I), нижняя часть жидкости, которую не нагревали, остается синей.

Реагентом Фелинга пользоваться удобнее, чем гидроксидом меди (II), так как при нагревании смеси его с раствором моносахарида не происходит образования черного осадка оксида меди (II), маскирующего красный цвет осадка оксида меди (I). Реакция с фелинговой жидкостью протекает быстрее и более четко. Этой реакцией пользуются для качественного и количественного анализа моносахаридов и для отличия восстановляющих дисахаридов от невосстанавливющих.

Что такое реагент Фелинга? Какое строение имеет этот реагент и как его готовят?

Напишите уравнение реакции окисления глюкозы в глюконовую кислоту реагентом Фелинга.

4) *Окисление моносахаридов аммиачным раствором оксида серебра (реакция серебряного зеркала).* Сначала готовят аммиачный раствор гидроксида из 4 – 5 мл 1-процентного раствора нитрата серебра. Аммиачный раствор гидроксида серебра делят пополам. К одной части приливают 1,5 мл 1-процентного раствора глюкозы, к другой - 1,5 мл 1-процентного раствора фруктозы. Обе пробирки помещают на 5-10 минут водянную баню, нагретую до 70-80°C. Металлическое серебро в обеих пробирках выделяется на стенках в виде зеркального налета. Во время нагревания пробирки нельзя встряхивать, иначе металлическое серебро выделяется в виде черного осадка, а не на стенках пробирок. Чтобы получить хорошее зеркало, в пробирках предварительно кипятят 10-процентный раствор гидроксида натрия, затем их сполосывают дистиллированной водой.

Среди продуктов окисления глюкозы образуется и альдоновая (одноосновная) глюконовая кислота. Напишите уравнения реакций: образование аммиачного раствора гидроксида серебра и окисление D-глюкозы до D-глюконовой кислоты аммиачным раствором гидроксида серебра.

#### *Опыт 3. Осмоление моносахаридов*

Реактивы: 10-процентный раствор глюкозы, 30-40-процентный раствор гидроксида натрия, 10-процентный раствор серной кислоты.

Оборудование: кипятильники.

В пробирке смешивают 1 мл 10-процентного раствора глюкозы и 1 мл концентрированного раствора гидроксида натрия, вносят в смесь кипятильники и кипятят ее в течение 2-3 минут. При выполнении опыта необходимо соблюдать осторожность: реакционная смесь кипит толчками, ее может выбросить из пробирки. Жидкость в пробирке приобретает желтый, затем бурый цвет. После охлаждения ее подкисляют 10-процентным раствором серной кислоты, при этом окраска бледнеет, и появляется запах жженого сахара.

При нагревании с концентрированным раствором щелочи моносахариды осмоляются и окисляются, образуется сложная смесь веществ. В ней содержатся продукты полимеризации и конденсации соединений, получающихся при распаде моноз, а также найдены молочная и муравьиная кислоты. Продукты осмоления содержат свободные гидроксильные группы, этим объясняется их растворимость в воде.

### *Лабораторная работа № 15*

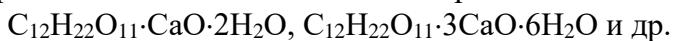
#### *Полисахариды*

##### *Опыт 1. Реакции на гидроксильные группы дисахаридов*

Реактивы: известковое молоко, 1-процентный раствор сахарозы, 1-процентный раствор лактозы (или мальтозы), 20-процентный раствор сахарозы, 10-процентный раствор гидроксида натрия, 5-процентный раствор сульфата меди (II).

Оборудование: химические стаканы (25-50 и 100 мл), мерные цилиндры (10 мл), химические воронки, фильтровальная бумага, лед.

1) *Получение сахараата кальция.* В стакан (25-50 мл) наливают 5-7 мл 20-процентного раствора сахарозы и по каплям при перемешивании добавляют свежеприготовленное известковое молоко. Гидроксид кальция растворяется в растворе сахарозы. Затем приливают избыток известкового молока (3-4 мл), перемешивают реакционную смесь стеклянной палочкой и оставляют ее на 5-7 минут. Затем отфильтровывают в пробирку раствор, в котором содержатся растворимые на холода сахараты кальция. При нагревании фильтрата до кипения выпадает мелкокристаллический осадок сахаратов кальция:



При охлаждении реакционной смеси в стакане с ледяной водой осадок снова растворяется. Способность сахарозы давать растворимые сахараты кальция используется в промышленности для очистки сахара при выделении его из сахарной свеклы.

Напишите уравнение реакции образования моносахарата кальция.

2) *Реакция дисахаридов с гидроксидом меди (II) в щелочном растворе.* В пробирке

смешивают 1,5 мл 1-процентного раствора сахарозы и 1,5 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия. В другой пробирке смешивают такие же количества 1-процентного раствора лактозы (или мальтозы) и 10-процентного раствора щелочи. Затем в каждую пробирку по каплям добавляют 5-процентный раствор сульфата меди (II). Образующийся вначале бледно-голубой осадок гидроксида меди (II) при встряхивании растворяется, растворы приобретают синеватую окраску вследствие образования комплексных сахаратов меди (II).

Напишите уравнения реакции образования моносахарата меди (II). Какой вывод можно сделать из данного опыта?

*Опыт 2. Реакции дисахаридов по карбонильным группам (сравнение свойств восстановливающих и невосстановливающих дисахаридов)*

**Реактивы:** 1-процентный раствор сахарозы, 1-процентный раствор лактозы (или мальтозы), реактив Фелинга, уксусная кислота, 10-процентный раствор гидроксида натрия, 40-процентный раствор гидроксида натрия, молоко, разбавленное водой в объемном отношении 1:1, 5-процентный раствор мальтозы.

**Оборудование:** химические стаканы (25 мл), мерные цилиндры (10 мл), химические воронки, фильтровальная бумага, фенолфталеиновая индикаторная бумага, кипятильники, микроскопы, предметные и покровные стекла, водяные бани.

1) *Реакция дисахаридов с реагентом Фелинга.* В три пробирки наливают по 1,5-2 мл 1-процентных растворов сахарозы, мальтозы, и лактозы. Затем в каждую пробирку добавляют равный объем реактива Фелинга, жидкости перемешивают и нагревают в пламени горелки верхнюю часть растворов до начинающегося кипения. Нижняя часть растворов не должна нагреваться.

Во всех ли пробирках появляется красный осадок оксида меди (I)? Объясните результаты опыта. Напишите уравнения реакций с гидроксидом меди (II) для тех сахаридов, которые дают положительную реакцию с реагентом Фелинга.

2) *Обнаружение лактозы в молоке.* В небольшой химический стакан (25 мл) наливают 5-7 мл молока, разбавленного водой (1:1), и добавляют к нему несколько капель уксусной кислоты при перемешивании смеси стеклянной палочкой. В кислой среде белок свертывается и выпадает в виде хлопьев.

Осадок отфильтровывают и отбрасывают, а фильтрат нейтрализуют 10-процентным раствором гидроксида натрия до слабощелочной реакции по индикаторной фенолфталеиновой бумажке. Раствор щелочи добавляют по каплям при перемешивании жидкости стеклянной палочкой. Отливают 2 мл полученного щелочного раствора, добавляют к нему 2 мл реактива Фелинга, смесь перемешивают и нагревают верхнюю часть раствора до начинающегося кипения.

Меняется ли окраска раствора? Объясните опыт и напишите уравнение реакции.

3) *Оsmоление восстановливающих дисахаридов.* В три пробирки наливают по 1,5 мл 1-процентных растворов мальтозы, лактозы и сахарозы. В каждую пробирку добавляют равный объем 40-процентного раствора гидроксида натрия. Вносят кипятильники и кипятят полученные растворы в течение нескольких минут. (Осторожно, щелочные жидкости кипят толчками.) В пробирках с восстановливающими дисахаридами (мальтозой и лактозой) растворы приобретают бурую окраску. Раствор сахарозы не меняется.

При нагревании восстановливающих дисахаридов с концентрированной щелочью образуется сложная смесь продуктов – происходит осмоление.

*Опыт 3. Гидролиз (инверсия) сахарозы*

**Реактивы:** 1-процентный раствор сахарозы, 10-процентный раствор серной кислоты, реактив Фелинга, реактив Селиванова, сухой гидрокарбонат натрия.

**Оборудование:** термометры, водяные бани.

В пробирку наливают 3 мл 1-процентного раствора сахарозы и прибавляют 1 мл 10-процентного раствора серной кислоты. Полученный раствор кипятят в течение 1-2 минут, затем охлаждают и делят на две части. Половину раствора нейтрализуют сухим гид-

рокарбонатом натрия, добавляя его небольшими порциями при перемешивании. (*Осторожно, жидкость вспенивается от выделяющегося оксида углерода (IV).*) После нейтрализации (когда прекратится выделение CO<sub>2</sub>) приливают равный объем реактива Фелинга и нагревают верхнюю часть жидкости до начинаящегося кипения.

*Изменяется ли окраска реакционной смеси?*

В другой пробирке нагревают смесь 1,5 мл 1-процентного раствора сахарозы с равным объемом реактива Фелинга. Сравнивают результаты опыта - реакцию сахарозы с реагентом Фелинга до и после гидролиза.

*Объясните процесс. Напишите уравнение реакции гидролиза сахарозы.*

Вторую половину гидролизата сахарозы используют для обнаружения фруктозы (кетозы) реакцией Селиванова. В две пробирки наливают по 2 мл реактива Селиванова (раствор резорцина в соляной кислоте), затем в одну пробирку прибавляют 2 капли 1-процентного раствора фруктозы, а в другую – 2 капли 1-процентного раствора глюкозы. Обе пробирки одновременно помещают в водянную баню с температурой 80°C и выдерживают в течение 8 минут. Сравнивают окраску растворов в пробирках с глюкозой и фруктозой. Параллельно проводят реакцию Селиванова с раствором негидролизованной сахарозы.

*Сравните окраску растворов в двух пробирках. Объясните опыт.*

*Опыт 4. Цветные реакции на дисахариды*

*Реактивы:* 10-процентный раствор сахарозы, 2-процентный раствор сульфата кобальта, 2-процентный раствор сульфата никеля, 5-процентный раствор гидроксида натрия, 5-процентный раствор мальтозы, 5-процентный раствор лактозы, 10-процентный раствор аммиака, 5-процентный раствор солянокислого метиламина, 20-процентный раствор гидроксида натрия.

*Оборудование:* пипетки, термометры, водяные бани.

1) *Реакции на сахарозу с сульфатами никеля и кобальта.* В две пробирки наливают по 2,5 мл 10-процентного раствора сахарозы и по 1 мл 5-процентного раствора гидроксида натрия. Затем в одну пробирку добавляют несколько капель 2-процентного раствора сульфата кобальта, в другую – несколько капель 2-процентного раствора сульфата никеля. В пробирке с солью кобальта появляется фиолетовое окрашивание, а с солью никеля – зеленое.

2) *Реакции на восстанавливающие дисахариды с аммиаком и с метиламином.* В пробирку наливают 1 мл 10-процентного раствора аммиака. Смесь встряхивают и нагревают в водянной бане при 80-90°C до появления красного окрашивания.

В другой пробирке смешивают 2,5 мл 5-процентного раствора мальтозы и 0,5 мл 5-процентного раствора солянокислого метиламина. Смесь кипятят 3-5 минут. После охлаждения в пробирки по каплям добавляют 20-процентный раствор гидроксида натрия при перемешивании до сильнощелочной реакции (примерно 1 мл). Появляется желтое окрашивание, переходящее в ярко-красное. Опыт повторяют с 5-процентным раствором лактозы.

*Опыт 5. Качественная реакция на крахмал*

*Реактивы:* крахмал, разбавленный раствор иода в иодиде калия (светло-желтого цвета).

В пробирку наливают 1 мл 1-процентного раствора крахмального клейстера и затем добавляют по несколько капель сильно разбавленного водой раствора йода в иодиде калия. Появляется интенсивное синее окрашивание. При нагревании этого раствора до кипения синяя окраска исчезает, при охлаждении раствора снова появляется.

Йодокрахмальная реакция применяется в аналитической химии для открытия как крахмала, так и йода. Крахмал широко применяется в качестве индикатора в йодометрии.

*Опыт 2. Кислотный гидролиз крахмала.*

*Реактивы:* 1-процентный крахмальный клейстер, 10-процентный раствор серной кислоты, разбавленный раствор йода в иодиде калия (светло-жёлтого цвета), 10-

процентный раствор гидроксида натрия.

*Оборудование:* конические колбы (50 мл), пипетки, мерные цилиндры (50 и 10 мл), фарфоровые чашки, индикаторная фенолфталеиновая бумага, реактив Фелинга.

В коническую колбу ёмкостью 50 мл наливают 20-25 мл 1-процентного крахмального клейстера и 3-5 мл 10-процентного раствора серной кислоты. В 7-8 пробирок наливают по 1 мл очень разбавленного йода в йодиде калия. Пробирки ставят в штатив. В первую пробирку вносят 1-3 капли подготовленного для опыта раствора крахмала. Отмечают образовавшуюся окраску. Затем колбу нагревают на асbestosвой сетке небольшим пламенем горелки. Через 30 с после начала кипения отбирают пипеткой вторую пробу раствора, которую вносят во вторую пробирку с раствором йода. После встряхивания отмечают цвет раствора. В дальнейшем отбирают пробы раствора через каждые 30 с и вносят их в последующие пробирки с раствором йода. Отмечают постепенное изменение окраски растворов при реакции с йодом. Изменение окраски происходит в следующем порядке: синяя, сине-фиолетовая, красно-фиолетовая, красновато-бурая, оранжевая, оранжево-жёлтая, жёлтая (цвет йода).

После того как реакционная смесь перестанет давать окраску с йодом, её кипятят ещё 2-3 мин, после чего охлаждают и нейтрализуют 10-процентным раствором гидроксида натрия, добавляя его по каплям до щелочной реакции среды (появление розовой окраски на фенолфталеиновой индикаторной бумаге).

Часть щелочного раствора переливают в пробирку, смешивают с равным объёмом реактива Фелинга и нагревают верхнюю часть жидкости до начинающегося кипения.

Выпадает ли красный осадок оксида меди (I)? Напишите уравнение реакции гидролиза крахмала, укажите промежуточные и конечный продукты. Объясните, почему в процессе гидролиза изменяется окраска гидролизата с йодом.

## **6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА**

### **6.1 Оценочные средства, показатели и критерии оценивания компетенций**

Индекс компетенции	Оценочное средство	Показатели оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций
ОПК-1	Отчет по лабораторной работе	Низкий – неудовлетворительно	ставится, если допущены существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые не исправляются даже по указанию преподавателя.
		Пороговый – удовлетворительно	ставится, если допущены одна-две существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые исправляются с помощью преподавателя.
		Базовый – хорошо	а) работа выполнена правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) допустимы: неполнота проведения или оформления эксперимента, одна-две несущественные ошибки в проведении или оформлении эксперимента, в прави-

			лах работы с веществами и приборами
		Высокий – отлично	<p>а) работа выполнена полно, правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы;</p> <p>б) эксперимент осуществлен по плану с учетом техники безопасности и правил работы с веществами и приборами; в) имеются организационные навыки (поддерживается чистота рабочего места и порядок на столе, экономно используются реактивы).</p>
	Коллоквиум	Низкий – неудовлетворительно	<ul style="list-style-type: none"> <li>- незнание программного материала;</li> <li>- при ответе возникают ошибки;</li> <li>- затруднения при выполнении практических работ.</li> </ul>
		Пороговый – удовлетворительно	<ul style="list-style-type: none"> <li>- усвоение основного материала;</li> <li>- при ответе допускаются неточности;</li> <li>- при ответе недостаточно правильно формулировки;</li> <li>- нарушение последовательности в изложении программного материала;</li> <li>- затруднения в выполнении практических заданий.</li> </ul>
		Базовый – хорошо	<ul style="list-style-type: none"> <li>- знание программного материала;</li> <li>- грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос;</li> <li>- правильное применение теоретических знаний;</li> <li>- владение необходимыми навыками при выполнении и практических задач.</li> </ul>
		Высокий – отлично	<ul style="list-style-type: none"> <li>- глубокое и прочное усвоение программного материала;</li> <li>- полные , последовательные , грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания;</li> <li>- свободно справляющиеся с поставленными задачами, знания материала;</li> <li>- правильно обоснованные принятые решения;</li> <li>- владение разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ.</li> </ul>
	Контрольная работа	Низкий – неудовлетворительно	допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка «3»
		Пороговый – удовлетворительно	если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил: не более двух грубых ошибок; или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета; или не более двух-трех негрубых ошибок; или одной

			негрубой ошибки и трех недочетов; или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.
		Базовый – хорошо	студент выполнил работу полностью, но допустил в ней: не более одной негрубой ошибки и одного недочета или не более двух недочетов
		Высокий – отлично	работа выполнена без ошибок, указаны все расчетные формулы, единицы измерения, без ошибок выполнены математические расчеты
	Учебные задачи	Низкий – неудовлетворительно	допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка «3»
		Пороговый – удовлетворительно	студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил: не более двух грубых ошибок; или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета; или не более двух-трех негрубых ошибок; или одной негрубой ошибки и трех недочетов; или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.
		Базовый – хорошо	студент выполнил работу полностью, но допустил в ней: не более одной негрубой ошибки и одного недочета или не более двух недочетов
		Высокий – отлично	работа выполнена без ошибок, указаны все расчетные формулы, единицы измерения, без ошибок выполнены математические расчеты
	Тест	Низкий – до 60 баллов (неудовлетворительно)	за верно выполненное задание тестируемый получает максимальное количество баллов, предусмотренное для этого задания, за неверно выполненное – ноль баллов. После прохождения теста суммируются результаты выполнения всех заданий.
		Пороговый – 61-75 баллов (удовлетворительно)	
		Базовый – 76-84 баллов (хорошо)	Подсчитывается процент правильно выполненных заданий теста, после чего этот процент переводится в оценку, руководствуясь указанными критериями оценивания.
		Высокий – 85-100 баллов (отлично)	
		Пороговый – 61-75 баллов (удовлетворительно)	
		Базовый – 76-84	

		баллов (хорошо)	
		Высокий – 85-100 баллов (отлично)	

## 6.2 Промежуточная аттестация студентов по дисциплине

Промежуточная аттестация является проверкой всех знаний, навыков и умений студентов, приобретённых в процессе изучения дисциплины. Формой промежуточной аттестации по дисциплине является экзамен.

Для оценивания результатов освоения дисциплины применяется следующие критерии оценивания.

### Критерии оценивания устного ответа на экзамене

**Оценка «5» (отлично)** ставится, если студент:

1. Полнο раскрыто содержание материала билета.
2. Материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности, точно используется терминология.
3. Показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации.
4. Продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость компетенций, умений и навыков.
5. Ответ прозвучал самостоятельно, без наводящих вопросов.
6. Допущены одна – две неточности при освещении второстепенных вопросов, которые исправляются по замечанию.

**Оценка «4» (хорошо)** ставится, если:

ответ студента удовлетворяет в основном требованиям на оценку «5», но при этом имеет один из недостатков:

1. В изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание ответа.
2. Допущены один – два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию экзаменатора.
3. Допущены ошибки или более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов, которые легко исправляются по замечанию экзаменатора.

**Оценка «3» (удовлетворительно)** ставится, если:

1. Неполнο или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала.
2. Имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов.
3. При неполном знании теоретического материала выявлена недостаточная сформированность компетенций, умений и навыков, студент не может применить теорию в новой ситуации.
4. Решение расчетной задачи вызывает затруднения.

**Оценка «2» (неудовлетворительно)** ставится, если:

1. Не раскрыто основное содержание учебного материала.
2. Обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала.
3. Допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов.
4. Не сформированы компетенции, умения и навыки.

## 6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

## Требования к форме отчета по лабораторной работе и пример контрольных вопросов

### Лабораторная работа № 1

#### 1) Техника безопасности при работе в лаборатории органической химии.

##### 2) Качественный элементный анализ

**Форма отчета.** 1) Отчет должен быть представлен в виде конспекта. 2) Отчет должен содержать название, цель работы, реагенты и оборудование, описание хода работы, наблюдения, уравнения реакций, выводы.

#### Контрольные вопросы

1. Назовите общие правила поведения в химической лаборатории.
2. Перечислите правила работы с кислотами и щелочами.
3. Каковы правила работы с особо опасными и токсичными веществами?
4. Какую первую помощь необходимо оказывать при ожогах и отравлениях?
5. Какую химическую посуду используют при работе в лаборатории органической химии и каковы правила обращения с ней?
6. Как действует нагревание на органические вещества?
7. Как действуют разбавленная и концентрированная серная кислоты на органические соединения?
8. Почему бензол горит сильно коптящим пламенем? Ответ подтвердите расчётами.
9. Что происходит при действии окислителей на органические соединения?
10. Как обнаружить азот, серу, хлор в органических соединениях?

#### Вопросы для коллоквиума

##### Тема: Алканы

1. Гомологический ряд метана. Структурная изомерия (изомерия углеродного скелета), оптическая и конформационная изомерия. Первичные, вторичные и третичные атомы углерода. Номенклатура алканов: историческая, рациональная, систематическая (ИЮПАК). Углеводородные радикалы. Нахождение алканов в природе, их промышленное значение.

2. Методы синтеза алканов: получение из элементов и оксидов углерода, восстановление алкилгалогенидов (активными металлами, алюмогидридом лития), гидролиз металлоорганических соединений, реакция Вюрца и Вюрца — Гриньяра, реакция Кольбе, декарбоксилирование — синтез Дюма.

3. Основные характеристики физических свойств алканов. Природа C-C и C-H связей в алканах. Оценка вероятных типов реакций алканов и способов их активации.

4. Химические свойства алканов. Гомолитические реакции алканов. Реакции замещения. Механизм реакций SR. Галогенирование, неселективность реакций. Сравнение устойчивости первичных, вторичных и третичных радикалов. Скорости реакций фторирования, хлорирования, бромирования алканов. Получение иодопроизводных реакцией Финкельштейна.

5. Сульфохлорирование, использование сульфохлоридов для получения моющих средств. Нитрование. Жидкофазное нитрование (М. И. Коновалов), парофазное нитрование оксидами азота (А. И. Титов).

6. Окисление алканов до кислот с разрывом C-C-связей (получение уксусной кислоты из бутана, синтетических жирных кислот из нефтяных фракций). Окисление н-алканов до спиртов без разрыва C-C-связей (способ Башкирова). Горение.

7. Расщепление. Крекинг, пиролиз. Цель этих процессов, их значение. Понятие о термическом и каталитическом крекинге. Изомеризация н-алканов в изоалканы.

##### Тема: Алкены

1. Природа двойной связи. Строение алкенов (этена, пропена). Ряд стабильности алкенов, выведенный на основе теплот гидрирования. Методы синтеза: элиминирование галогеноводорода из алкилгалогенидов, воды из спиртов. Восстановление алкинов.

2. Электрофильное присоединение (AdE). Общее представление о механизме реакций,  $\pi$  - и  $\sigma$ -комплексы. Галогенирование.
3. Гидрогалогенирование. Правило Марковникова. Гидратация. Промышленный метод синтеза этанола и пропанола-2.
4. Окисление алkenов до оксиранов (по Прилежаеву) и до диолов по Вагнеру ( $KMnO_4$ ). Озонолиз алkenов, окислительное и восстановительное расщепление озонидов.
5. Радикальные реакции: присоединение бромистого водорода по Харашу (механизм) и аллильное галогенирование по Циглеру.
10. Образование новых углерод - углеродных связей с использованием алkenов. Гидроформилирование. Алкилирование алkenов алканами, синтез изооктана.
11. Полимеризация алkenов. Работы К. Циглера и Дж. Натта.

### **Тема: Алкины**

1. Электронное строение алкинов. Природа тройной связи. Поляризумость. Сопоставление энергий связи C-C в молекулах этана, этена и ацетилена в расчёте на одну связь. Взрывообразный распад ацетилена до элементов.
2. Методы синтеза алкинов: прямой синтез из элементов (Бертло), пиролиз метана, гидролиз карбида кальция, дегидрогалогенирование вицинальных дигалогеноалканов и дегалогенирование тетрагалогеноалканов.
3. Восстановление алкинов до цис - и транс-алkenов. Гидроборирование алкинов, синтез алkenов и альдегидов.
4. Сравнение реакционной способности алкинов и алkenов в реакциях AdE. Галогенирование, гидрогалогенирование. Гидратация (Кучеров). Синтез простых и сложных виниловых эфиров.
5. Кислотные свойства терминальных алкинов, понятие о карбанионах. Ацетилиниды натрия и меди, магнийорганические производные алкинов: их получение и использование в органическом синтезе (алкилирование их галоидными алкилами).
6. Полное окисление ацетилена. Частичное окисление алкинов (озоном, перманганатом калия и дихроматами в кислой среде). Линейные ди - и тримеризации ацетилена. Промышленное использование этих соединений. Циклотримеризация и тетramerизация ацетилена. Полимеризация алкинов, получение сопряжённых диенов. Окислительная конденсация терминальных алкинов.

### **Тема: Галогенопроизводные алифатических углеводородов**

1. Моногалогенопроизводные. Гомологические ряды галогеноалканов (алкилгалогенидов), историческая и систематическая номенклатуры. Изомерия углеродной цепи, положения функциональной группы, оптическая и конформационная. Первичные, вторичные и третичные алкилгалогениды.
2. Электронное строение алкилгалогенидов, индукционный эффект, полярность и поляризуемость связей C-X. Физические свойства галогеноалканов.
3. Способы получения галогеноалканов: из алканов, из спиртов (действием галогеноводородных кислот, галогенозамещенных фосфора и серы), из этиленовых и ацетиленовых углеводородов. Получение полигалогенозамещенных и полифторуглеродов.
4. Химические свойства. Гомолитические процессы: восстановление, взаимодействие галогеноалканов с металлами. Реакция Вюрца, синтез магнийорганических соединений по Гриньяру.
5. Гетеролитические процессы. Взаимодействие с водными растворами щелочей, спиртами, аминами, солями цианистоводородной кислоты и др. Механизм реакций SN2 и SN1. Карбкатионы. Факторы, определяющие их устойчивость.
6. Элиминирование галогеноводородных кислот из молекул галогеноалканов.

### **Тема: Спирты и простые эфиры**

1. Одноатомные спирты. Изомерия. Номенклатура. Первичные, вторичные и третичные спирты. Физические свойства спиртов.
2. Электронное строение этилового спирта. Схема  $\sigma$ -связей, их полярность.

3. Способы получения спиртов: окисление алканов, гидролиз галогеноалканов, гидратация алkenов (правило Марковникова), восстановление карбонильных соединений, синтез спиртов с помощью реактива Гриньяра, получение спиртов гидролизом сложных эфиров и из аминов.

4. Химические свойства спиртов. Кислотно-основные свойства спиртов. Сравнение кислотных и основных свойств воды, первичных, вторичных и третичных спиртов. Замещение атома водорода гидроксильной группы на металл, взаимодействие с магнийорганическими соединениями.

5. Нуклеофильное замещение группы OH. Взаимодействие спиртов с галогеноводородными кислотами, галогенопроизводными фосфора и серы.

6. Сложные эфиры минеральных кислот (серной, азотной, фосфорной), кислые и средние. Взаимодействие спиртов с серной кислотой (получение сложных эфиров, простых эфиров и этиленовых углеводородов).

7. Дегидратация спиртов, ориентация отщепления, правило Зайцева. Получение простых эфиров из спиртов.

8. Окисление спиртов. Химическое и каталитическое окисление спиртов. Действие окислителей на первичные, вторичные и третичные спирты.

#### **Тема: Ароматические углеводороды**

1. Концепция ароматичности. Правило Хюккеля. Строение бензола. Формула Кекуле.

2. Получение ароматических углеводородов. Синтез бензола (ароматизация алканов, циклоалканов, тримеризация ацетилена, синтез Дюма). Лабораторные методы синтеза гомологов бензола: реакция Вюрца-Фиттига, алкилирование бензола и аренов по Фриделью-Крафтсу.

3. Химические свойства бензола и алкилбензолов. Восстановление (полное и частичное). Присоединение хлора. Окисление. Реакции замещения водорода в боковой цепи алкилбензолов на галоген.

4. Реакции электрофильного замещения в ароматическом ряду. Общие представления о механизме реакций. Представление о  $\pi$ - и  $\sigma$ -комплексах. Аренониевые ионы в реакциях электрофильного замещения.

5. Влияние заместителя на скорость и направление электрофильного замещения. Статический и динамический подход. Согласованная и несогласованная ориентация.

#### **Тема: Фенолы**

1. Фенолы. Методы получения: щелочное плавление аренсульфонатов, замещение галогена на гидроксил, гидролиз солей арендазония. Кумольный метод получения фенолов в промышленности.

2. Свойства: фенолы как OH-кислоты, влияние заместителей на кислотность фенолов.

3. Реакции электрофильного замещения в ароматическом ядре фенолов: галогенирование, сульфирование, нитрование, нитрозирование и алкилирование. Карбоксилирование фенолятов щелочных металлов по Кольбе.

4. Формилирование фенолов, образование салицилового альдегида. Фенолформальдегидные смолы, их практическая важность.

5. Окисление фенолов. Хиноны. Получение о- и п-бензохинонов.

#### **Тема: Альдегиды и кетоны**

1. Методы получения альдегидов и кетонов из спиртов, алкинов (гидроборирование), на основе металлогорганических соединений. Ацилирование и формилирование аренов. Промышленное получение формальдегида, ацетальдегида (Вакер-процесс) и высших альдегидов (гидроформилирование).

2. Строение карбонильной группы, ее полярность и поляризуемость. Общие представления о механизме нуклеофильного присоединения по карбонильной группе альдегидов и кетонов. Присоединение воды, спиртов, тиолов. Защита карбонильной группы. По-

лучение бисульфитных производных и циангидринов.

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

4. Альдольно-круточная конденсация альдегидов и кетонов в кислой и щелочной среде. Диспропорционирование альдегидов по Канниццаро.

5. Восстановление альдегидов и кетонов до спиртов. Окисление альдегидов, реагенты окисления. Окисление кетонов пероксидами.

#### **Тема: Карбоновые кислоты и их производные**

1. Методы синтеза: окисление первичных спиртов и альдегидов, алканов, алкилбензолов; гидролиз нитрилов и других производных карбоновых кислот; синтез на основе металлоорганических соединений. Получение муравьиной кислоты и уксусной кислот.

2. Строение карбоксильной группы. Физико-химические свойства кислот: ассоциация, диссоциация. Кислотность и основность. Влияние заместителей на кислотность.

3. Нуклеофильное замещение у атома углерода карбоксильной группы. Этерификация, амидирование, восстановление.

4. Галогенирование кислот по Гель-Фольгарду-Зелинскому. Пиролитическая кетонизация, электролиз по Кольбе.

#### **Тема: Непредельные карбоновые кислоты и жиры**

1. Непредельные кислоты. Классификация. Особенности строения. Получение.
2. Акриловая кислота, основные химические свойства. Применение акрилатов.
3. Малеиновая и фумаровая кислоты. Их строение, реакционная способность.
4. Жиры. Номенклатура. Строение. Нахождение в природе.
5. Гидролиз жиров, омыление, гидрогенизация.

#### **Тема: Амины**

1. Методы получения аминов: алкилирование аммиака и аминов по Гофману, восстановление нитросоединений.

2. Амины как основания. Сравнение основных свойств алифатических и ароматических аминов. Влияние на основность аминов заместителей в ароматическом ядре.

3. Алкилирование и ацилирование аминов. Защита аминогруппы.

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

#### **Тема: Аминокислоты**

1. Номенклатура аминокислот. Природные аминокислоты. Незаменимые аминокислоты.
2. Хиральность аминокислот, образующих протеины.
3. Кислотно-основные (амфотерные) свойства природных аминокислот.
4. Синтезы а-аминокислот и разделение рацемических форм.
5. Пептиды. Белки. Первичная, вторичная и третичная структура белков. Белки - ферменты.

#### **Тема: Моносахариды**

1. Моносахариды и полисахариды. Классификация и стереохимия моносахаридов. Альдозы (альдотреозы, альдопентозы, альдогексозы) и кетозы. Стереохимия альдоз и кетоз в проекциях Фишера.

2. Циклические полуацетали альдогексоз - глюкопиранозы и глюкофуранозы. а - и β -Аномеры. Формулы Хеуорса для аномерных моносахаридов. Таутомерия циклических и открытых форм в растворах моносахаридов, мутаротация глюкозы.

3. Реакции моносахаридов. Получение гликозидов, как особой формы циклических ацеталей. Синтез простых и сложных эфиров моносахаридов.

4. Окисление альдоз до альдновых кислот. Исчерпывающее окисление моносаха-

ридов иодной кислотой.

5. Синтез моносахаридов по Килиани-Фишеру и деградация по Волю-Руффу.

#### **Тема: Полисахариды**

1. Дисахариды (биозы): мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза. Восстановливающие и невосстанавливющие дисахариды.

2. Полисахариды - целлюлоза и крахмал. Строение крахмала, амилоза и амилопектин. Ступенчатый гидролиз крахмала.

3. Строение целлюлозы. Гидролиз. Применение эфиров целлюлозы.

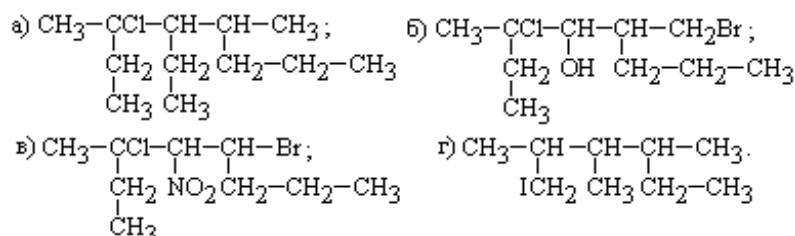
#### **Пример заданий для контрольной работы**

##### **Контрольная работа № 1**

##### **Тема: Алифатические углеводороды и их производные**

##### **Вариант 1**

1. Назовите соединения по систематической номенклатуре:



2. Приведите реакцию хлорирования 2-метилбутана, назовите механизм и напишите, как по стадиям протекает данная реакция (приведите три стадии).

3. Приведите реакцию между хлористым водородом и изобутиленом. Назовите механизм и напишите, как по стадиям протекает данная реакция (приведите три стадии).

4. Получите спирт реакцией Гриньяра, исходя из формальдегида и бромистого изопропилмагния.

5. Натрий массой 12 г поместили в этанол (объём 23 мл, плотность 0,8 г/см<sup>3</sup>). Массовая доля воды в этаноле составляет 5%. Какой объем водорода (н.у.) выделится при этом?

##### **Вариант 2**

1. Напишите структурные формулы соединений и обозначьте первичные, вторичные и третичные атомы углерода:

- а) 2,3,4-триметил-пентанол-3;
- б) 3-изопропил-4,6-дихлороктанол-2;
- в) 2,4-диметил-2-аминогексан;
- г) изопропилметиловый эфир.

2. Присоедините HCl (1 моль) к 1,3-пентадиену. Продукты присоединения подверните озонолизу.

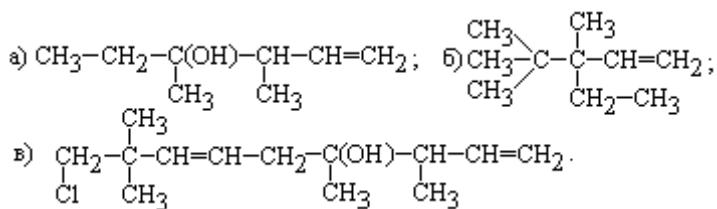
3. Получите 2-хлорбутан всеми возможными способами.

4. Приведите реакции нуклеофильного замещения группы OH.

5. При нагревании иодметана массой 2,84 г с металлическим натрием массой 0,69 г получили этан, объём которого при (н.у.) составил 179,2 мл. Определите выход продукта реакции.

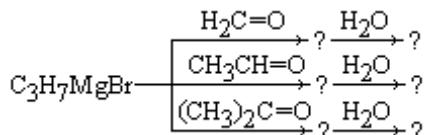
##### **Вариант 3**

1. Назовите соединения по систематической номенклатуре:

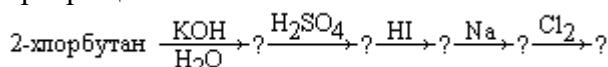


2. Какой алкен и с каким реагентом даст следующее соединение:  $(\text{CH}_3)_2\text{CBrCH}_2\text{CH}_3$ ?

3. Какие спирты образуются в результате следующих реакций:



4. Осуществите превращения:



5. Напишите уравнение реакции получения 2-хлорпропана и вычислите, сколько его образуется из 1 кг пропана, если выход реакции 90%.

#### Вариант 4

1. Составьте формулы соединений:

- а) 2,4-диметил-3,5,6-триэтилоктан;
- б) изопропилиодид;
- в) метилвторбутилкарбинол;
- г) 3-метил-4-хлороктен-2.

2. Осуществите превращения:

пропен  $\rightarrow$  пропин  $\rightarrow$  2-нитропропан.

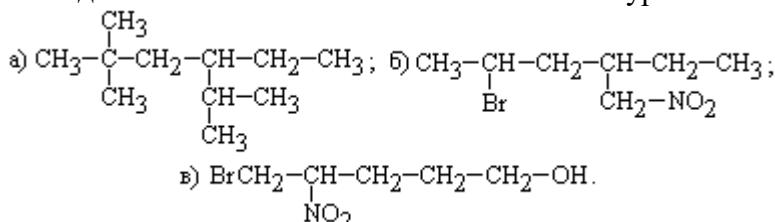
3. С помощью каких реагентов можно из бутилового спирта получить хлористый бутил? Укажите наиболее удобный метод получения.

4. Приведите все возможные способы получения гликолей.

5. Найдите простейшую молекулярную формулу органического вещества, если при сжигании 0,18 г этого вещества образовалось 0,2475 г углекислого газа и 0,2025 г воды.

#### Вариант 5

1. Назовите соединения по систематической номенклатуре:



2. Из каких галогеналкилов можно получить 2,9-диметилдекан реакцией Вюрца?

3. Для 2-метилпентана напишите реакцию с бромом, а для полученного производного – со спиртовым раствором щелочи.

4. Напишите три схемы синтеза вторбутилового спирта.

5. Проведите реакцию бромирования 2,4-гексадиена, назовите основной продукт реакции.

#### Примеры тестовых заданий

**Тема: Теоретические основы органической химии**

1. Какой вид связей наиболее характерен для органических соединений:

- 1) ионный
- 2) металлический
- 3) водородный
- 4) ковалентный

2. Чему равна валентность атома углерода в органических соединениях:

- 1) 1
- 2) 3
- 3) 4
- 4) 2

3. Понятие о химическом строении включает в себя:

- 1) только последовательность соединения атомов в молекуле
- 2) только характер связей между атомами в молекуле
- 3) только взаимное влияние атомов и групп атомов в молекуле
- 4) все перечисленные выше признаки

4. Укажите название алкана, который содержит один четвертичный, один третичный, один вторичный и пять первичных атомов углерода:

- 1) 2,2-диметилпропан
- 2) 2,2,3,3-тетраметилбутан
- 3) 2,2,3-триметилбутан
- 4) 2,2,4-триметилпентан

5. Какие характеристики верны для описания свободных Радикалов:

- 1) наличие неспаренных электронов
- 2) низкая реакционная способность
- 3) высокая реакционная способность
- 4) образуются при несимметричном разрыве ковалентной связи

6. Изомеры отличаются между собой:

- 1) физическими свойствами
- 2) строением
- 3) значением молярных масс
- 4) все предыдущие ответы неверны

7. Для изомеров одинаковы:

- 1) значения молярных масс
- 2) физические свойства
- 3) структурные формулы молекул
- 4) все предыдущие ответы неверны

8. Какие утверждения для гомологов справедливы:

- 1) различаются значениями молярных масс
- 2) могут различаться по химическим свойствам
- 3) различаются по составу на одну или несколько групп  $\text{CH}_2$
- 4) имеют одинаковую общую формулу

9. Какие типы гибридизации возможны для атома углерода в органических молеку-

лах:

- 1) sp
- 2)  $sp^2$
- 3)  $sp^3$
- 4)  $s^2p$

10. Индуктивный эффект – это:

- 1) перераспределение электронной плотности по  $\pi$ -связи, обусловленное присутствием электроакцепторных заместителей в молекуле
- 2) передача взаимного влияния атомов по цепи  $\sigma$ -связей
- 3) смещение электронной плотности связи к более электроотрицательному атому
- 4) перераспределение электронной плотности по  $\pi$ -связи, обусловленное присутствием электронодонорных заместителей в молекуле

### **Тема: Алканы и циклоалканы**

1. Общая формула гомологического ряда алканов:

- 1)  $C_nH_{2n+2}$
- 2)  $C_nH_{2n}$
- 3)  $C_nH_{2n-2}$
- 4)  $C_nH_{2n-6}$

2. Гептан имеет в своем составе соответственно атомов углерода и водорода:

- 1) семь и двенадцать
- 2) шесть и четырнадцать
- 3) семь и шестнадцать
- 4) шесть и двенадцать

3. У одновалентных радикалов углеводородов суффикс:

- 1)- ан
- 2) -ил
- 3) -ен
- 4) -ин

4. Каково минимальное число атомов углерода в разветвленном алкане:

- 1) 3
- 2) 4
- 3) 2
- 4) 5

5. Какой из алканов имеет два радикала:

- 1) этан
- 2) пентан
- 3) бутан
- 4) пропан

6. Реакция нитрования алканов протекает в следующих условиях:

- 1) концентрированная азотная кислота при нагревании
- 2) концентрированная азотная кислота при охлаждении
- 3) разбавленная азотная кислота при нагревании
- 4) нитрат натрия при охлаждении

7. Реакция галогенирования алканов протекает по следующему механизму:

- 1) свободнорадикальное замещение
- 2) электрофильное присоединение
- 3) нуклеофильное замещение
- 4) элиминирование

8. Молекулы алканов в своем составе содержат:

- 1) только  $\sigma$ -связи
- 2) все  $\sigma$ -связи и одну  $\pi$ -связь.
- 3) две двойные связи
- 4) одну двойную и одну тройную связь

9. Какое вещество является изомером октана:

- 1) 2,2,3,3-тетраметилбутан
- 2) 3-метил-3-этилгексан
- 3) 2-метилоктан
- 4) 2,2-диметилоктан

10. Изомером циклогексана является:

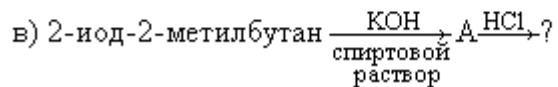
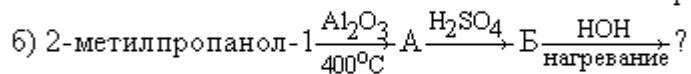
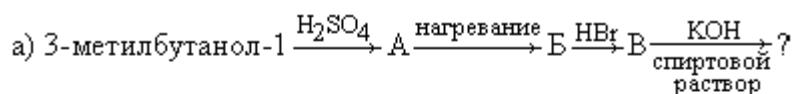
- 1) гексан
- 2) гексин
- 3) 2-метилгексан
- 4) 1,2,3-триметилцикlopропан

### Пример учебных задач

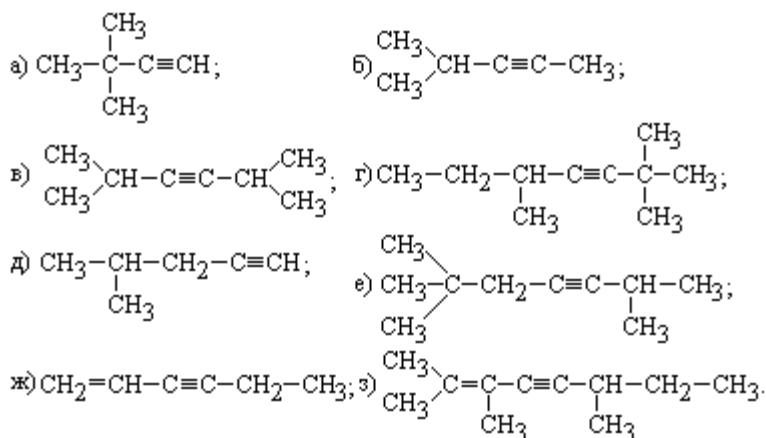
#### Тема: Алкены

**1.** Напишите структурные формулы указанных ниже соединений и дайте им названия по систематической номенклатуре: а) симметричный диэтилэтилен; б) несимметричный метилэтилэтилен; в) trimетилэтилен; г) изопропилэтилен; д) симметричный метилэтилэтилен; е) несимметричный диметилэтилен; ж)  $\alpha,\alpha$ -метилэтил- $\beta,\beta$ -пропилбутилэтилен. Какие из указанных соединений могут иметь геометрические изомеры? Напишите для них проекционные формулы.

**2.** Какие соединения можно получить, если взять приведенные ниже исходные вещества и провести ряд последовательных реакций с помощью указанных над стрелкой реагентов:



**3.** Назовите по рациональной (кроме ж и з) и систематической номенклатуре следующие углеводороды:



4. Напишите уравнения реакций для следующих превращений:

1-бромбутан  $\rightarrow$  бутен-1  $\rightarrow$  1,2-дихлорбутан  $\rightarrow$  бутилациенид серебра  $\rightarrow$  гексин-3.

### Вопросы к экзамену

- Современная теория строения органических соединений. Изомерия.
- Природные источники алканов. Методы синтеза: гидрирование непредельных углеводородов, восстановление алкилгалогенидов гидролиз металлоорганических соединений, реакция Вюрца, электролиз водных растворов солей карбоновых кислот.
- Химические свойства алканов. Механизм реакций  $S_R$ . Галогенирование (хлорирование, бромирование, иодирование, фторирование). Сульфохлорирование. Термический и катализитический крекинг. Нитрование. Жидкофазное нитрование (М.И. Коновалов), парофазное нитрование оксидами азота (А.И. Титов).
- Окисление алканов. Горение. Окисление алканов с разрывом С-С связей. Окисление н-алканов до спиртов и карбоновых кислот. Расщепление. Крекинг, пиролиз. Понятие о термическом и каталитическом крекинге. Изомеризация н-алканов в изоалканы.
- Природа двойной связи. Геометрическая изомерия (*цис*-, *транс*- и Z-, Е-нomenклатура). Методы синтеза: элиминирование галогеноводорода из алкилгалогенидов, воды из спиртов. Гидрирование алkenов.
- Электрофильное присоединение ( $Ad_E$ ). Общее представление о механизме реакций. Правило Марковникова. Галогенирование, гидрогалогенирование, гидратация.
- Промышленный метод синтеза этанола и пропанола-2.
- Окисление алkenов до оксиранов (по Прилежаеву) и до диолов по Вагнеру ( $KMnO_4$ ). Озонолиз алkenов.
- Радикальные реакции: присоединение бромистого водорода по Харашу (механизм) и аллильное галогенирование по Циглеру.
- Электрофильное присоединение к алкинам. Сравнение реакционной способности алкинов и алkenов. Галогенирование, гидрирование, гидрогалогенирование, гидратация (Кучеров).
- Природа тройной связи. Методы синтеза алкинов. С-Н-кислотность ацетилена, понятие о карбанионах. Ацетилениды натрия и меди, магнийорганические производные алкинов.
- Типы диенов. Аллены, сопряженные диены. Методы синтеза 1,3-диенов: дегидрирование алканов, дегидратация 1,4-диолов. Бутадиен-1,3, особенности строения. Молекулярные орбитали 1,3-диенов. Галогенирование и гидрогалогенирование 1,3-диенов.
- Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода в алкилгалогенидах, как метод создания связи углерод-углерод, углерод-азот, углерод-кислород, углерод-серы, углерод-фосфор (получение алкилгалогенидов, спиртов, тиолов, простых эфиров, нитросоединений, аминов, нитрилов, сложных эфиров и др.).
- Основные характеристики  $S_N2$  реакций. Реакции  $S_N1$ -типа. Карбокатионы, факторы,

определяющие их устойчивость.

15. Конкурирующие реакции дегидрогалогенирования: E1, E2. Направление элиминирования. Правила Зайцева и Гофмана.
16. Одноатомные спирты. Электронное строение спиртов, схема  $\sigma$ -связей, их полярность. Методы получения: окисление алканов, из алkenов, карбонильных соединений, галогеналканов, с помощью реагентов Гриньяра, из сложных эфировкарбоновых кислот.
17. Свойства спиртов. Спирты, как слабые O-H кислоты. Спирты, как основания Льюиса.
18. Замещение гидроксильной группы в спиртах на галоген. Дегидратация спиртов.
19. Окисление первичных спиртов до альдегидов и карбоновых кислот, вторичных спиртов до кетонов. Реагенты окисления на основе хромового ангидрида и двуокиси марганца.
20. Двухатомные спирты. Методы синтеза. Свойства. Качественная реакция.
21. Простые эфиры. Методы получения: реакция Вильямсона, межмолекулярная дегидратация спиртов. Свойства простых эфиров: образование оксониевых солей, расщепление кислотами.
22. Строение бензола. Формула Кекуле. Молекулярные орбитали бензола. Концепция ароматичности. Правило Хюккеля.
23. Конденсированные ароматические углеводороды: нафталин, фенантрен, антрацен. Особенности строения. Свойства (реакции присоединения, окисления, электрофильного замещения).
24. Получение ароматических углеводородов в промышленности - каталитический риформинг нефти, переработка коксового газа и каменноугольной смолы. Лабораторные методы синтеза: реакция Вюрца-Фиттига, алкилирование бензола и аренов по Фриделью-Крафтсу.
25. Каталитическое гидрирование аренов, восстановление аренов по Берчу. Реакции замещения водорода в боковой цепи алкилбензолов на галоген. Окисление алкилбензолов и конденсированных ароматических углеводородов до карбоновых кислот.
26. Реакции ароматического электрофильного замещения. Общие представления о механизме реакций. Представление  $\alpha$ - и  $\sigma$ -комплексах. Нитрование, галогенирование, сульфирование.
27. Влияние заместителя на скорость и направление электрофильного замещения. Согласованная и несогласованная ориентация.
28. Методы получения фенолов. Свойства: фенолы как OH-кислоты, влияние заместителей на кислотность фенолов. Реакции электрофильного замещения в ароматическом ядре фенолов.
29. Синтез моносахаридов. Синтез простых и сложных эфиров моносахаридов. Окисление и восстановление альдоз.
30. Методы получения альдегидов и кетонов. Промышленное получение формальдегида, ацетальдегида и высших альдегидов (гидроформилирование). Строение карбонильной группы, ее полярность и поляризуемость.
31. Механизм нуклеофильного присоединения по карбонильной группе альдегидов и кетонов. Примеры реакций. Защита карбонильной группы. Получение бисульфитных производных и циангидринов.
32. Взаимодействие альдегидов и кетонов с металлоорганическими соединениями. Синтез спиртов.
33. Методы получения аминов. Амины как основания. Сравнение основных свойств алифатических и ароматических аминов. Влияние на основность аминов заместителей в ароматическом ядре.
34. Алкилирование и ацилирование аминов. Защита аминогруппы. Взаимодействие алифатических и ароматических аминов с азотистой кислотой. Галогенирование аминов. Реакции электрофильного замещения в ароматических аминах.
35. Восстановление альдегидов и кетонов. Окисление альдегидов, реагенты окисления. Окисление кетонов.

36. Фуран, тиофен, пиррол. Взаимные переходы (реакция Юрьева). Реакции электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах. Ориентация электрофильного замещения.
37. Строение карбоксильной группы. Физико-химические свойства: ассоциация, диссоциация, влияние заместителей на кислотность. Галогенирование кислот по Гелю-Фольгарду-Зелинскому. Пиролитическая кетонизация, электролиз по Кольбе, декарбоксилирование.
38. Пиридин. Особенности строения. Синтез пиридина. Реакции электрофильного и нуклеофильного замещения в ядре пиридина. Основные свойства пиридина. Окисление и восстановление пиридина.
39. Производные карбоновых кислот: галогенангидриды, ангидриды, сложные эфиры, амиды. Методы получения. Реакции: гидролиз, алкоголиз, аминолиз.
40. Природные аминокислоты. Кислотно-основные (амфотерные) свойства природных аминокислот. Синтезы а-аминокислот и разделение рацемических форм.
41. Моносахариды. Классификация и стереохимия моносахаридов. Альдозы и кетозы. а- и β-Аномеры. Таутомерия моносахаридов, мутаротация глюкозы. Химические свойства моносахаридов.
42. Дисахариды (биозы): мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза. Восстановительные свойства дисахаридов. Инверсия сахарозы. Полисахариды: крахмал, целлюлоза.
43. Строение циклопропана, циклобутана, цикlopентана, циклогексана. Конформационный анализ циклогексана. Аксидальные и экваториальные связи в конформации "кресло" циклогексана.
44. Методы синтеза циклопропана, циклобутана и их производных. Особенности химических свойств соединений с трехчленным циклом.

## **7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ**

**Информационные технологии** – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, увеличения контактного взаимодействия с преподавателем, построения индивидуальных траекторий подготовки, объективного контроля и мониторинга знаний студентов.

В образовательном процессе по дисциплине используются следующие информационные технологии, являющиеся компонентами Электронной информационно-образовательной среды БГПУ:

- Официальный сайт БГПУ;
- Система электронного обучения ФГБОУ ВО «БГПУ»;
- Система тестирования на основе единого портала «Интернет-тестирования в сфере образования [www.i-exam.ru](http://www.i-exam.ru)»;
- Система «Антиплагиат.ВУЗ»;
- Электронные библиотечные системы;
- Мультимедийное сопровождение лекций и практических занятий.

## **8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья применяются адаптивные образовательные технологии в соответствии с условиями, изложенными в разделе «Особенности реализации образовательной программы для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья» основной образовательной программы (использование специальных учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь и т. п.) с учётом индивидуальных особенностей обучающихся.

## **9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ**

### **9.1 Литература**

#### **Список основной литературы**

1. Иванов, В. Г. Органическая химия: учеб. пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений / В. Г. Иванов, В. А. Горленко, О. Н. Гева. – 4-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 624 с. (18 экз)

#### **Список дополнительной литературы**

2. Артёменко, А. И. Основы теории органической химии : учеб. пособие для студ. нехимических спец. вузов / А. И. Артёменко. – М.: ВЛАДОС, 2001.- 156с. (5 экз)

3. Артёменко, А. И. Органическая химия: учеб. пособие для студ. нехимических спец. вузов / А. И. Артёменко.- М.: Высш. шк., 2003.-606 с. (34экз)

4. Березин,Б. Д. Курс современной органической химии: учебное пособие для студентов, обучающихся по химико-технол. специальностям / Б. Д. Березин, Д.Б. Березин. – М.: Высш. шк., 1999. – 767 с. (7 экз)

5. Грандберг, И. И. Практические работы и семинарские занятия по органической химии: учебное пособие для студентов вузов / И. И. Грандберг, 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2001. – 350 с. (12 экз)

6. Иванов, В. Г. Практикум по органической химии: учеб. пособие для студ. пед. вузовпо спец. «Химия» / В. Г. Иванов. – М.: Академия, 2002. – 287 с.(20 экз)

7. Ким, А. М. Органическая химия: учеб. для студ. вузов / А. М. Ким. - М-во образования РФ. Новосиб. гос. пед. ун-т. – 3-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Сиб. ун-тское изд-во, 2002. – 971с. (30 экз)

8. Травень, В. Ф. Органическая химия: Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Химическая технология и биотехнология» / В. Ф. Травень. - М.: ИКЦ Академкнига, 2005. - Т. 1. – 727 с. (10 экз)

9. Травень, В. Ф. Органическая химия: Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Химическая технология и биотехнология» / В. Ф. Травень. - М.: ИКЦ Академкнига, 2005. - Т. 2. – 582 с. (10 экз)

10. Реутов, О. А. Органическая химия: Учебник для студ. вузов, обучающихся по спец. «Химия» / О. А. Реутов,А. Л. Курц, К. П. Бутин. – М.: Бином: Лаб. Знаний. – (Классический университетский учебник), 2007. Ч. 1.–567 с. (10 экз)

11. Реутов, О. А. Органическая химия: Учебник для студ. вузов, обучающихся по спец. «Химия» / О. А. Реутов,А. Л. Курц, К. П. Бутин. – М.: Бином: Лаб. Знаний. – (Классический университетский учебник), 2007. Ч. 2. – 623с. (8 экз)

12. Реутов, О. А. Органическая химия: Учебник для студ. вузов, обучающихся по спец. «Химия» / О. А. Реутов,А. Л. Курц, К. П. Бутин. – М.: Бином: Лаб. Знаний. – (Классический университетский учебник), 2007. Ч. 3. – 544с. (10 экз)

13. Реутов, О. А. Органическая химия: Учебник для студ. вузов, обучающихся по спец. «Химия» / О. А. Реутов,А. Л. Курц, К. П. Бутин. – М.: Бином: Лаб. Знаний. – (Классический университетский учебник), 2007. Ч. 4. – 725с. (16 экз)

#### **9.2 Базы данных и информационно-справочные системы**

1. Федеральный портал «Российское образование» - <http://www.edu.ru>.

2. Портал научной электронной библиотеки - <http://elibrary.ru/defaultx.asp>.

3. Сайт о химии - <http://www.xumuk.ru/> - здесь можно найти информацию по различным разделам химии. Интерфейс в высшей степени дружественный, прямо с главной страницы доступна быстрая навигация по «Химической энциклопедии».

4. Популярная библиотека химических элементов -  
<https://web.archive.org/web/20161021151915/http://n-t.ru/ri/ps/>

5. Электронная библиотека по химии МГУ <http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/>

#### **9.3 Электронно-библиотечные ресурсы**

1. Polpred.com Обзор СМИ/Справочник <http://polpred.com/news>.

2. ЭБС «Юрайт» <https://urait.ru/>.

## 10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА

Для проведения занятий лекционного, практического и лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются аудитории, оснащённые учебной мебелью, аудиторной доской, компьютером(рами) с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением, коммутатором для выхода в электронно-библиотечную систему и электронную информационно-образовательную среду БГПУ, мультимедийными проекторами, экспозиционными экранами, учебно-наглядными пособиями (таблицы, мультимедийные презентации). Для проведения лабораторных занятий также используется: **Ауд. 221 «А». Лаборатория органической химии**, укомплектованная следующим оборудованием:

- Комплект столов лабораторных
- Стол преподавателя
- Пюпитр
- Аудиторная доска
- Компьютер с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением
  - Принтер
  - Мультимедийный проектор
  - Экспозиционный экран
  - Испаритель ротационный ИР-1 ЛТ (1 шт.)
  - Колбонагреватель LT-1000, LABTEX (4 шт.)
  - Насос вакуумный SHB-5 для испарителя ротационного ИР-1 ЛТ (1 шт.)
  - Короб вытяжной 1500 ШВ-Н (лаб.) (1 шт.)
  - Вентилятор канальный KV 250L (1 шт.)
  - Прибор типа ЭЛ-02 (1 шт.)
  - Регулятор скорости RE 1.5 (1 шт.)
  - Электроплита 1,2 квт (1 шт.)
  - Холодильник ХПТ-300-14/23 (1 шт.)
  - Штативы для пробирок, нагревательные приборы, лабораторная посуда
  - Химические реагенты по тематике лабораторных работ
  - Учебно-наглядные пособия - слайды, таблицы, мультимедийные презентации по дисциплине «Органическая химия»

Самостоятельная работа студентов организуется в аудиториях оснащенных компьютерной техникой с выходом в электронную информационно-образовательную среду вуза, в специализированных лабораториях по дисциплине, а также в залах доступа в локальную сеть БГПУ, в лаборатории психолого-педагогических исследований и др.

Лицензионное программное обеспечение: операционные системы семейства Windows, Linux; офисные программы Microsoft office, Libreoffice, OpenOffice; Adobe Photoshop, Matlab, DrWeb antivirus и т.д.

Разработчик: Трофимцова И.А., кандидат химических наук, доцент кафедры химии;

## 11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ

### **Утверждение изменений в РПД для реализации в 2021/2022 уч. г.**

РПД пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021/2022 учебном году на заседании кафедры химии (протокол № 1 от 8 сентября 2021 г.). В рабочую программу внесены следующие изменения и дополнения:

№ изменения: 1	
№ страницы с изменением: 59	
Исключить:	Включить:
	Включить: в п. 9.3 ЭБС «Юрайт» <a href="https://urait.ru">https://urait.ru</a> .

РПД пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021/2022 учебном году на заседании кафедры химии (протокол № 4 от 29 декабря 2021 г.).

В рабочую программу внесены следующие изменения и дополнения:

№ изменения: 2	
№ страницы с изменением: 60	
Исключить:	<p>Включить:</p> <p>В пункт 10:  <b>Ауд. 118 «А». Лаборатория естественно-научной направленности педагогического технопарка «Кванториум-28» им. С.В. Ланкина</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Доска 1-элементная меловая магнитная (1 шт.)</li> <li>• Парта лабораторная с надстройкой и выдвижным блоком (2 шт.)</li> <li>• Письменный стол (4 шт.)</li> <li>• Стол пристенный химический (3 шт.)</li> <li>• Стол для преподавателя (угловой) правосторонний (1 шт.)</li> <li>• Стеллаж книжный, 12 ячеек (1 шт.)</li> <li>• Полка навесная, белая (1 шт.)</li> <li>• Пуф 80*80 (2 шт.)</li> <li>• Пуф 52*52 (2 шт.)</li> <li>• Диван трёхместный (1 шт.)</li> <li>• Кресло для руководителя Директ плюс (1 шт.)</li> <li>• Тумба с мойкой накладной для кухонного гарнитура (белая) (2 шт.)</li> <li>• Куллер Silver Arrow 130 (1 шт.)</li> <li>• Ноутбук (4 шт.)</li> <li>• МФУ принтер Brother DCP-L5500 (1 шт.)</li> <li>• Аппарат Киппа (2 шт.)</li> <li>• Стерилизатор для лабораторной посуды воздушный (1 шт.)</li> <li>• Лабораторное оборудование по химии (6 шт.)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Магнитная мешалка (1 шт.)</li><li>• Цифровая лаборатория по химии «Releon» (6 шт.)</li><li>• Цифровая лаборатория по физике «Releon» (6 шт.)</li><li>• Цифровая лаборатория по биологии «Releon» (6 шт.)</li><li>• Учебно-исследовательская лаборатория биосигналов и нейротехнологий (6 шт.)</li><li>• Учебная лаборатория точных измерений (6 шт.)</li><li>• Микроскоп учебный «Эврика» (6 шт.)</li></ul>
--	---

**Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2022/2023 уч. г.**

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022/2023 учебном году на заседании кафедры (протокол № 8 от 26 мая 2022 г.). В РПД внесены следующие изменения и дополнения:

№ изменения: 3 № страницы с изменением: 59	
В Раздел 9 внесены изменения в список литературы, в базы данных и информационно-справочные системы, в электронно-библиотечные ресурсы. Указаны ссылки, обеспечивающие доступ обучающимся к электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам с сайта ФГБОУ ВО «БГПУ».	