

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Щёкина Вера Витальевна

Должность: Ректор

Дата подписания: 19.03.2024 04:34:21

Уникальный программный ключ:

a2232a55157e576551a7579b149072af53989420420336ffbf573a434e57789



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
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**  
**«22» мая 2019 г.**

**Рабочая программа дисциплины  
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

**Направление подготовки  
04.03.01 ХИМИЯ**

**Профиль  
«АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»**

**Уровень высшего образования  
БАКАЛАВРИАТ**

**Принята на заседании кафедры химии  
(протокол № 8 от «15» мая 2019 г.)**

**Благовещенск 2019**

## СОДЕРЖАНИЕ

3

4

8

**5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**14

35

57

57

58

58

**11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ**60

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### 1.1 Цель дисциплины:

- знакомство студентов с основами науки о полимерах и ее важнейшими практическими приложениями,
- формирование у студентов знаний и умений, позволяющих применять основные теоретического положения курса ВМС к биополимерным объектам.

### 1.2 Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Высокомолекулярные соединения» относится к дисциплинам базовой части блока Б1. (Б1.О.21)

Для освоения дисциплины «Высокомолекулярные соединения» обучающиеся используют знания, умения, сформированные в ходе изучения дисциплин «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия».

### 1.3 Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций: ОПК-1, ОПК-2, ПК-1:

- **ОПК-1.** Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений, **индикаторами** достижения которой является:

- ОПК-1.1 Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.
- ОПК-1.2 Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.
- ОПК-1.3 Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

- **ОПК-2.** Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием, **индикаторами** достижения которой является:

- ОПК-2.1 Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.
- ОПК-2.2. Синтезирует вещества и материалы разной природы с использованием имеющихся методик.
- ОПК-2.3. Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе.
- ОПК-2.4. Исследует свойства веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.

- **ПК-1.** Владеет системой фундаментальных химических понятий и законов

- ПК-1.1. Понимает основные принципы, законы, методологию изучаемых химических дисциплин, теоретические основы физических и физико-химических методов исследования.
- ПК-1.2. Использует фундаментальные химические понятия в своей профессиональной деятельности.
- ПК-1.3. Интерпретирует полученные результаты, используя базовые понятия химических дисциплин.

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

**-знать:**

- физические и химические свойства веществ и нормы техники безопасности при работе с ними.

стандартные методы получения, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы,

**уметь:**

применять знания о вредных и опасных свойствах веществ при работе с ними, проводить оценку возможных рисков.

проводить простые химические опыты по предлагаемым методикам.

**владеть:**

навыками проведения оценки возможных рисков при работе с химическими веществами.

- базовыми навыками проведения химического эксперимента и оформления его результатов.

- **1.5 Общая трудоемкость дисциплины «Высокомолекулярные соединения»** 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**

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр 8
Общая трудоемкость	180	180
Аудиторные занятия	86	86
Лекции	34	34
Лабораторные работы	52	52
Самостоятельная работа	58	58
Вид итогового контроля:	36	экзамен

**2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ**

**Учебно-тематический план**

№	Наименование тем (разделов)	Всего часов	Аудиторные занятия		Самостоятельная работа
			Лекции	Лабораторные занятия	
<b>I</b>	<b>Введение</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>4</b>
1	История становления химии ВМС. Работы русских учёных	6	2	-	4
<b>II</b>	<b>Общие сведения о высокомолекулярных соединениях</b>	<b>22</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>6</b>
1	Основные понятия и определения. Классификация полимеров	2	4		2
1.1	Лабораторная работа 1. Качественный элементный анализ полимера	4	-	4	
1.2	Лабораторная работа 2. Определение функциональных групп в составе полимера	4	-	4	
1.3	Лабораторная работа 3. Определение содержания метилметакрилата	4	-	4	

2	Свойства макромолекул. Конформация и конфигурация макромолекул	4	2	-	2
2.1	Лабораторная работа 10. Качественный структурно-групповой анализ мономера и полимера	4		2	2
<b>III</b>	<b>Синтез полимеров</b>	<b>44</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>14</b>
1	Радикальная полимеризация	14	4	4	6
1.1	Лабораторная работа 8. Синтез термостабилизатора ПВХ и оценка его эффективности	4	-	4	
2	Ионная полимеризация. Ионно-координационная полимеризация	4	2	-	4
3	Сополимеризация	4	2	-	2
4	Поликонденсация	8	2	-	2
4.1	Лабораторная работа 7. Получение полиэтиленфталата конденсацией этиленгликоля и фталевого ангидрида	4	-	4	-
<b>IV</b>	<b>Важнейшие представители полимеров и их получение в промышленности</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>12</b>	<b>6</b>
1	Пластомеры, эластомеры, синтетические волокна, лакокрасочные материалы	2	-	-	2
1.1	Лабораторная работа 4. Деструкция и денатурация природных полимеров	4		4	
1.2	Лабораторная работа 5. Изучение свойств эпоксидной смолы	4		4	
1.3	Лабораторная работа 6. Химические свойства волокон	8		4	4
<b>V</b>	<b>Химические свойства макромолекул</b>	<b>28</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
1	Реакции, не приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул		2		2
1.1	Лабораторная работа 11. Химические превращения поливинилхлорида	6	-	4	2
1.2	Лабораторная работа 13. Изучение свойств растворов поливинилового спирта	6	-	4	2

2	Реакции, приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул	4	2	-	2
2.1	Лабораторная работа 12. Термическая деполимеризация полиметилметакрилата	4	-	2	2
3	Старение и стабилизация полимеров	4	2		2
<b>VI</b>	<b>Структура и физико-механические свойства полимерных тел</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>8</b>
1	Агрегатные, фазовые и физические состояния полимеров	6	2	-	4
2	Релаксационные явления в полимерах	6	2	-	4
<b>VII</b>	<b>Растворы высокомолекулярных соединений</b>	<b>22</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
1	Термодинамика растворов полимеров. Свойства растворов полимеров	8	4	-	4
1.1	Лабораторная работа 13. Изучение свойств растворов высокомолекулярных соединений	6	-	4	2
2	Жидкокристаллическое состояние полимеров. Коллоидные дисперсии полимеров	4	2	-	2
	<b>Экзамен</b>	<b>36</b>			
	<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>	<b>34</b>	<b>52</b>	<b>58</b>

### Интерактивное обучение по дисциплине

№	Наименование тем (разделов)	Вид занятия	Форма интерактивного занятия	Кол-во часов
1.	Радикальная полимеризация	ЛК	Лекция-консультация	2
2.	Лабораторная работа 1. Качественный элементный анализ полимера	ЛК	Работа в малых группах	4
3.	Лабораторная работа 2. Определение функциональных групп в составе полимера	ЛК	Работа в малых группах	4
4.	Лабораторная работа 3. Определение содержания метилметакрилата	ЛР	Работа в малых группах	4
5.	Лабораторная работа 4. Деструкция и денатурация природных полимеров	ЛР	Работа в малых группах	4
6.	Лабораторная работа 5. Изучение свойств эпоксидной смолы	ЛР	Работа в малых группах	4
7.	Лабораторная работа 11. Химические превращения поливинилхлорида	ЛР	Работа в малых группах	4
8.	Лабораторная работа 13. Изучение свойств растворов высокомолекулярных	ЛР	Работа в малых группах	4

	соединений			
	<b>ИТОГО</b>			<b>30</b>

### 3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ)

#### I ВВЕДЕНИЕ

Роль полимеров в живой природе и их значение как промышленных материалов. Предмет и задачи науки о высокомолекулярных соединениях (полимерах). Место науки о полимерах как самостоятельной фундаментальной области знания среди других фундаментальных химических наук. Основные исторические этапы ее развития. Вклад русских и советских ученых в зарождении и развитии науки о полимерах.

#### II ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

Основные понятия и определения. Полимер, олигомер, соотношение понятий «полимер» и «высокомолекулярные соединения». Макромолекула и ее химическое звено. Важнейшие свойства полимерных веществ, обусловленные большими размерами и цепным строением макромолекул, которые определяют их практическую значимость как особого рода материалов, их биологическое значение. Полимерное состояние как особая форма существования вещества.

Роль усредненных характеристик при описании строения и свойств полимеров. Степень полимеризации и контурная длина цепи. Полидисперсность. Усредненные молекулярные массы (среднечисловая и среднемассовая). Молекулярно-массовое распределение. Моменты распределения и средние молекулярные массы. Параметр полидисперсности. Конфигурация, стереохимия и конформация цепи.

Классификация полимеров в зависимости от происхождения, химического состава и строения полимера. Природные и синтетические полимеры. Органические, неорганические, элементоорганические полимеры. Линейные, разветвленные, сшитые полимеры. Гомополимеры, сополимеры. Блок-сополимеры, привитые сополимеры. Гомоцепные и гетероцепные полимеры.

Свойства макромолекул. Внутримолекулярное вращение и гибкость макромолекулы. Размер и форма макромолекул. Среднее расстояние между концами цепи и радиус инерции макромолекулы как характеристики, чувствительные к конформационному состоянию цепи. Свободно-сочлененная цепь как идеализированная модель гибкой макромолекулы. Статистика свободно-сочлененной цепи. Средние размеры макромолекулы с учетом постоянства валентных углов. Энтропийная (молекулярно-кинетическая) упругость гибкой изолированной цепи. Энергетические барьеры внутреннего вращения и гибкость реальных молекул. Понятие о статистическом сегменте. Связь гибкости макромолекул с их химическим строением: факторы, влияющие на гибкость реальных цепей. Термодинамическая и кинетическая гибкость.

Упорядоченные конформации изолированных макромолекул (полипептиды, белки, нуклеиновые кислоты).

#### III СИНТЕЗ ПОЛИМЕРОВ

Классификация способов получения синтетических полимеров. Полимеризация. Классификация полимеризационных процессов. Мономеры полимеризации.

Радикальная полимеризация. Инициирование радикальной полимеризации (термическое, радиохимическое, фотохимическое, вещественное). Типы инициаторов. Реакции роста, обрыва и передачи цепи. Механизм действия ингибиторов. Кинетика радикальной полимеризации при малых степенях превращения. Понятие о квазистационарном состоянии. Влияние температуры и концентрации инициаторов на скорость радикальной полимеризации, молекулярную массу и молекулярно-массовое распределение полимера. Особенности радикальной полимеризации при высоких степенях превращения; «гель-эффект». Реакционная способность мономеров и радикалов.

Способы проведения радикальной полимеризации.



Ионная полимеризация. Катионная полимеризация. Характеристика мономеров, способных вступать в катионную полимеризацию. Катализаторы. Рост и ограничение роста цепей при катионной полимеризации. Влияние природы растворителя.

Анионная полимеризация. Характеристика мономеров, способных вступать в анионную полимеризацию. Катализаторы анионной полимеризации. Инициирование, рост и ограничение роста цепей при анионной полимеризации. «Живые» цепи.

Ионно-координационная полимеризация. Гомогенные и гетерогенные катализаторы. Стереоспецифические эффекты в реакциях ионно-координационной полимеризации. Принципы синтеза стереорегулярных полимеров. Катализаторы Циглера-Натта.

Цепная сополимеризация. Уравнение и кривые состава сополимеров. Относительная реакционная способность мономеров.

Ступенчатая полимеризация. Особенности полимеризации циклических мономеров.

Термодинамика полимеризации.

Поликонденсация. Мономеры. Типы реакций поликонденсации. Термодинамика поликонденсации и поликонденсационное равновесие. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение при поликонденсации. Влияние стехиометрии, монофункциональных примесей и побочных реакций на молекулярную массу продуктов и образование сетчатых структур. Основные различия полимеризационных и поликонденсационных процессов. Проведение поликонденсации в расплаве, растворе и на границе раздела фаз.

Синтез и свойства блок- и привитых сополимеров. Прививка макромолекул на поверхность твердых тел. Особые свойства привитых и блоксополимеров.

#### IV ВАЖНЕЙШИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ ПОЛИМЕРОВ И ИХ ПОЛУЧЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Производство полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида, полистирола, фенолформальдегидных пластмасс, капрона, нейлона, лавсана, полиакрилонитрила, полиметилметакрилата, полиуретана, синтетических каучуков, эпоксидных смол.

#### V ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПРЕВРАЩЕНИЯ МАКРОМОЛЕКУЛ

Особенности химического поведения макромолекул.

Химические реакции, не приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул. Полимераналогичные и внутримолекулярные превращения. Особенности реакционной способности функциональных групп макромолекул: влияние локального окружения, электростатических взаимодействий, конфигурации, макромолекулярной и надмолекулярной структуры; концентрационные и сольватационные эффекты. Примеры использования полимераналогичных превращений и внутримолекулярных реакций для получения новых полимеров.

Химические реакции, приводящие к изменению степени полимеризации. Межмолекулярные реакции. Сшивание полимерных цепей. Вулканизация каучуков. Механизм вулканизации серой. Формование полимерных изделий из реакционноспособных олигомеров (отверждение). Эпоксидные смолы. Клеи. Высыхание лаков и красок.

Расщепление полимерных цепей под влиянием химических и физических воздействий. Механизм цепной и случайной деструкции. Деполимеризация. Термическая, механическая, фотохимическая деструкции. Гидролитическая и окислительная деструкции. Роль деструкции при утилизации полимеров. Старение полимеров в условиях эксплуатации. Принципы стабилизации полимеров. Механизм действия стабилизаторов.

#### VI РАСТВОРЫ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Термодинамический критерий растворимости и доказательство термодинамической равновесности растворов. Энтальпия и энтропия смешения. Теория Флори-Хаггинса. Коллигативные свойства растворов полимеров. Уравнение состояния полимера в растворе. Ограниченная растворимость. Фазовые диаграммы систем полимер-растворитель. Критические температуры растворения. Явления расслаивания. Зависимость растворимости от молекулярной массы. Физико-химические основы фракционирования молекул.

Неограниченное и ограниченное набухание.

Поведение макромолекул в растворе и его особенности по сравнению с поведением низкомолекулярных веществ. Отклонения от идеальности и их причины. Невозмущенные размеры макромолекулы в растворе и оценка гибкости. Определение молекулярной массы по осмотическому давлению растворов макромолекул. Отклонения как метод определения среднечисловых молекулярных масс. Рассеяние электромагнитных волн растворами макромолекул и его особенности по сравнению с растворами низкомолекулярных веществ. Определение молекулярной массы и радиуса инерции макромолекул из данных по рассеянию света.

Гидродинамические свойства макромолекул в растворе и их особенности по сравнению с растворами низкомолекулярных веществ. Вязкость разбавленных растворов. Приведенная и характеристическая вязкости. Связь характеристической вязкости с молекулярной массой и со средними размерами макромолекул. Вискозиметрия как метод определения средневязкостной молекулярной массы.

Диффузия макромолекул в растворах. Диффузия макромолекул в пористые тела. Гельпроникающая хроматография макромолекул.

Седиментация макромолекул. Константа седиментации. Определение молекулярных масс методами ультрацентрифугирования.

Растворы полиэлектролитов. Поликислоты, полиоснования, полиамфолиты. Свойства растворов полиэлектролитов. Применение полиэлектролитов.

Концентрированные растворы, гели, коллоидные дисперсии полимеров. Переход от разбавленных растворов макромолекул к концентрированным. Ассоциация макромолекул в концентрированных растворах и структурообразование. Структура концентрированных растворов и гелей. Особенности течения концентрированных растворов. Механические свойства гелей их структурная интерпретация. Сходство и различие между концентрированными растворами и гелями.

Жидкокристаллическое состояние полимеров.

Разновидности коллоидных дисперсий полимеров и факторы, обуславливающие их стабилизацию. Латексы и их применение.

## VII СТРУКТУРА И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ТЕЛ

Агрегатные, фазовые и физические состояния полимеров.

Свойства аморфных полимеров. Три физических состояния. Термомеханические кривые аморфных полимеров.

Стеклообразное состояние. Особенности полимерных стекол. Упругие деформации. Вынужденная эластичность. Механизм вынужденно-эластических деформаций.

Высокоэластическое состояние. Термодинамика и молекулярный механизм высокоэластических деформаций. Релаксационные явления в полимерах и кинетика структурных перестроек.

Вязкотекучее состояние. Механизм вязкого течения. Зависимость температуры текучести от молекулярной массы. Зависимость вязкости расплава от молекулярной массы.

Пластификация полимеров. Механизм пластификации.

Кристаллические полимеры. Условия, необходимые для кристаллизации полимеров. Структура и надмолекулярная организация кристаллических полимеров. Свойства кристаллических полимеров. Термомеханические кривые кристаллических и кристаллизующихся аморфных полимеров.

Механические свойства полимеров. Прочность и упругость. Ударная прочность. Механизм разрушения полимеров. Долговечность (уравнение Журкова).

Ориентированные структуры кристаллических и аморфных полимеров. Анизотропия механических свойств. Способы ориентации макромолекул. Явление кристаллизации при растяжении. Принцип формирования ориентированных волокон и пленок из расплавов и растворов.

Электрические свойства полимеров.

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

Рабочая программа призвана помочь студентам естественно-географического факультета в организации самостоятельной работы по освоению дисциплины «ВМС». Химия высокомолекулярных соединений – одна из самостоятельных фундаментальных областей знаний.

Изучение дисциплины «ВМС» основывается на знаниях, полученных ранее в курсах органической, физической и коллоидной химии. Для успешного усвоения теоретического материала необходимо вспомнить (повторить) классы органических соединений, реакционную способность функциональных групп, механизмы реакций, факторы устойчивости радикалов, карбанионов, карбокатионов, стереохимию и стереоизомерию органических молекул; основы термодинамики и кинетики химических процессов, коллигативные свойства растворов; гидродинамические и реологические свойства растворов. При описании физико-механических свойств полимерных тел пользуются понятиями «упругость», «обратимая и необратимая деформации», «прочность» и т.п., которые рассматривались при изучении одного из разделов физики (механика).

Специфика в изучении раздела «Общие сведения о высокомолекулярных соединениях» проявляется в том, что многие понятия и определения при изучении химических дисциплин, объектами исследования которых являются низкомолекулярные соединения, не встречались. Классификация высокомолекулярных соединений проводится по многим признакам, и один и тот же полимер в результате можно отнести к разным классам.

Обязательным условием успешного усвоения раздела «Синтез полимеров» является четко сформированное представление о том, что свойства полимера зависят от способа и условий его получения, в отличие от низкомолекулярного вещества, которое имеет совершенно одинаковые характеристики независимо от того, каким путем его синтезировали. Поэтому очень важно хорошо знать специфику процессов, лежащих в основе того или другого метода получения полимера. Кроме того, необходимо уметь писать схемы химических реакций, формулы полимерных молекул с выделением структурного фрагмента.

При изучении раздела «Химические свойства макромолекул» необходимо помнить, что большие размеры и цепное строение макромолекул обуславливает некоторые особенности протекания их химических реакций, несмотря на то, что в реакциях участвуют обычные для органических соединений функциональные группы. Кроме того, важно понимать огромную значимость химических превращений макромолекул, которые лежат в основе многих технологических процессов (вулканизация каучука, формирование лакокрасочных покрытий, склеивание), процессов, происходящих в живой природе (гидролиз крахмала, белков), используются для синтеза полимеров с заданными свойствами и т.д. Знание теоретического материала этого раздела обеспечит грамотное использование полимерных материалов и изделий из полимеров на производстве и в быту.

Раздел «Растворы высокомолекулярных соединений» посвящен растворам полиме-

ров. Высокомолекулярные соединения способны образовывать истинные растворы. Особенности растворения полимеров и их растворов обусловлены гигантскими размерами молекул. При изучении этого раздела необходимо обратить внимание на причины отклонения растворов полимеров от идеальных, а также на изучении растворов полимеров в исследовательских целях и их практическом использовании.

Приступая к изучению дисциплины «ВМС» необходимо ознакомиться с его целями и задачами. Внимательное прочтение тематического плана и содержания программы позволит понять логику изучения курса и оценить, какая часть материала выносится на самостоятельное изучение и сколько времени необходимо затратить на усвоение каждой темы.

Прежде чем приступить к выполнению заданий для самоконтроля, необходимо изучить рекомендуемую литературу.

При подготовке к зачету и экзамену наряду с усвоением теоретического материала особое внимание следует обратить на следующие моменты:

1. Выучить специфические термины, определения и понятия, которые используются в дисциплине «ВМС».
2. Выучить химические формулы и названия соединений, которые наиболее часто используются в качестве мономеров.
3. Научиться писать схемы химических реакций, лежащих в основе синтеза полимеров, и химических превращений макромолекул.

#### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине «Высокомолекулярные соединения»**

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Формы/виды самостоятельной работы	Количество часов, в соответствии с учебно-тематическим планом
<b>I</b>	<b>Введение</b>		<b>4</b>
	История становления химии ВМС. Работы русских учёных	Изучение основной и дополнительной литературы	4
<b>II</b>	<b>Общие сведения о высокомолекулярных соединениях</b>		<b>6</b>
1	Основные понятия и определения. Классификация полимеров	Изучение основной и дополнительной литературы	2
2	Свойства макромолекул. Конформация и конфигурация макромолекул	Изучение основной и дополнительной литературы	2
	Качественный структурно-групповой анализ мономера и полимера	Оформление лабораторной работы и подготовка отчета	2
<b>III</b>	<b>Синтез полимеров</b>		<b>14</b>
1	Радикальная полимеризация	Изучение основной и дополнительной литературы, решение задач	6
2	Ионная полимеризация. Ионно-координационная полимеризация	Изучение основной и дополнительной литературы, решение задач	4

3	Сополимеризация	Изучение основной и дополнительной литературы, решение задач	2
4	Поликонденсация	Изучение основной и дополнительной литературы, решение задач	2
<b>IV</b>	<b>Важнейшие представители полимеров и их получение в промышленности</b>		<b>6</b>
1	Пластомеры, эластомеры, синтетические волокна, лакокрасочные материалы	Изучение основной и дополнительной литературы, решение задач	2
2	Химические свойства волокон	Изучение основной и дополнительной литературы, Оформление лабораторной работы и подготовка отчета	4
<b>V</b>	<b>Химические свойства макромолекул</b>		<b>12</b>
1.	Реакции, не приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул	Изучение основной и дополнительной литературы	2
2.	Химические превращения поливинилхлорида	Оформление лабораторной работы и подготовка отчета	2
3.	Изучение свойств растворов поливинилового спирта	Оформление лабораторной работы и подготовка отчета	2
4.	Реакции, приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул	Изучение основной и дополнительной литературы	2
5.	Термическая деполимеризация полиметилметакрилата	Оформление лабораторной работы и подготовка отчета	2
	Старение и стабилизация полимеров	Изучение основной и дополнительной литературы, решение задач	2
<b>VI</b>	<b>Структура и физико-механические свойства полимерных тел</b>		<b>8</b>
1	Агрегатные, фазовые и физические состояния полимеров	Изучение основной и дополнительной литературы	4
2	Релаксационные явления в полимерах	Изучение основной и дополнительной литературы, решение задач	4

<b>VII</b>	<b>Растворы высокомолекулярных соединений</b>		<b>8</b>
1	Термодинамика растворов полимеров. Свойства растворов полимеров	Изучение основной и дополнительной литературы	4
2.	Изучение свойств растворов высокомолекулярных соединений	Оформление лабораторной работы и подготовка отчета	2
3.	Жидкокристаллическое состояние полимеров. Коллоидные дисперсии полимеров	Изучение основной и дополнительной литературы	2
	<b>ИТОГО</b>		<b>58</b>

## 5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### План лабораторных занятий

№ п/п	Тема занятия	Тема лабораторной работы	Всего часов
1.	Качественный анализ полимера	Лабораторная работа 1. Качественный элементный анализ полимера	4
2.	Определение функциональных групп в составе полимера	Лабораторная работа 2. Определение функциональных групп в составе полимера	4
		Лабораторная работа 3. Определение содержания метилметакрилата	4
		Лабораторная работа 10. Качественный структурно-групповой анализ мономера и полимера	4
3.	Пластомеры, эластомеры, синтетические волокна, лакокрасочные материалы	Лабораторная работа 4. Деструкция и денатурация природных полимеров	4
		Лабораторная работа 5. Изучение свойств эпоксидной смолы	4
		Лабораторная работа 6. Химические свойства волокон	4
4.	Синтез полимеров	Лабораторная работа 7. Получение полиэтиленфталата конденсацией этиленгликоля и фталевого ангидрида	4
		Лабораторная работа 8. Синтез термостабилизатора ПВХ и оценка его эффективности	4
		Лабораторная работа 9. Изучение кинетики набухания сшитых полимеров	4
5.	Химические свойства полимеров	Лабораторная работа 11. Химические превращения поливинилхлорида	4
		Лабораторная работа 12. Термическая деполимеризация полиметилметакрилата	2
		Лабораторная работа 13. Изучение свойств растворов поливинилового спирта	4
	<b>ИТОГО</b>		<b>52</b>

## Лабораторная работа № 1

### Качественный элементный анализ полимера

**Цель работы:** определить качественный состав полимера.

#### Опыт 1. Разложение по методу Лассеня

В небольшую чистую сухую пробирку поместить 10-50 мг сухого полимера и кусочек металлического натрия размером с горошину. С поверхности металла предварительно удалить керосин и срезать края, чтобы поверхность была блестящей.

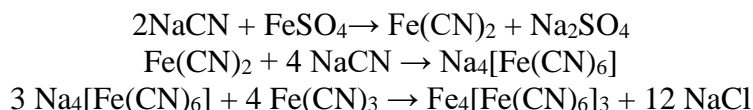
Пробирку медленно нагревают, нагревание продолжают до красного каления и полного растворения полимера.

Пробирку охладить и добавить 1 мл этанола. Спирт испаряют и раскаленную пробирку опускают в стакан с 10 мл ледяной дистиллированной воды (тяга!), соблюдая все правила техники безопасности.

Пробирка растрескивается и избыток натрия вступает в реакцию с водой. Полученный раствор фильтруют и используют для определения азота, серы, фосфора и галогенов.

#### 1.1 Обнаружение азота

К части исследуемого раствора прибавляют несколько кристаллов сульфата железа (II), несколько капель раствора хлорида железа (III) и по каплям добавляют 6Н раствор серной кислоты до полного растворения оксида железа. Появление в течение 2-3 минут голубой окраски или выпадения осадка берлинской лазури указывает на присутствие азота.



Если раствор — бесцветен или окрашен в желтый цвет, то азот в исследуемом образце отсутствует. Зеленая или зеленовато-голубая окраска свидетельствуют о плохом сплавлении.

Сера мешает определению азота, так как оказывает маскирующее действие. В присутствии серы после добавления минимального количества хлорида железа содержащее пробирку нагревают и затем подкисляют.

#### 1.2 Обнаружение серы

Метод 1. К исследуемому раствору приливают несколько капель свежеприготовленного 1% раствора нитропруссид натрия. Появляется фиолетовая окраска, обычно переходящая в кроваво-красную.

Метод 2. Исследуемый раствор в пробирке подкисляют разбавленной уксусной кислотой. На отверстие пробирки помещают кружок фильтровальной бумаги смоченной раствором ацетата свинца. Бумагу прижимают к краям пробирки, пробирку кипят в течение 2 минут. Окрашивание бумаги в темный цвет свидетельствует о наличии серы.

**1.3 Обнаружение хлора.** Исследуемый раствор подкисляют азотной кислотой и добавляют раствор нитрата серебра. Выпадение белого творожистого осадка свидетельствует о присутствии хлора. Если полимер содержит азот и серу, то после подкисления пробу кипятят 2-3 минуты для удаления HCN и H<sub>2</sub>S, мешающих анализу.

При наличии в образце брома и йода, тоже будет образовываться осадок, однако, присутствие этих атомов в структуре полимеров очень редко, а также, образующиеся осадки — окрашены.

**1.4. Обнаружение фтора.** Исследуемый раствор подкисляют уксусной кислотой, нагревают до кипения, охлаждают и прибавляют 2-5 капель насыщенного раствора хлорида кальция. Образование в течение нескольких часов студенистого осадка беделого цвета указывает на присутствие ионов фтора.

**1.5. Обнаружение фосфора.** Исследуемый раствор подкисляют азотной кислотой, добавляют 1-3 мл 34%-ного раствора нитрата аммония и нагревают до кипения. Одноре-

менно в другой пробирке нагревают 3 %-ный раствор молибдата аммония и этот раствор тонкой струей вливают при постоянном помешивании в пробирку с пробкой. Выпадение желтого осадка свидетельствует о наличии фосфора.

**Опыт 2. Разложение сплавлением с карбонатом натрия и пероксидом натрия**

Навеску исследуемого полимера (20-50 мг) тщательно смешивают с 2 г карбоната натрия и 3 г пероксида натрия в тигле. Тигель нагревают на небольшом пламени, сначала осторожно, затем сильнее — до плавления массы. После этого нагревание продолжают еще 10 минут.

**2.1. Обнаружение фосфора.** Полученный плав обрабатывают дистиллированной водой, раствор фильтруют и добавляют  $\text{HNO}_3$  и  $(\text{NH}_4)\text{MoO}_4$ . Сплавление в тигле позволяет провести полное разложение образца при определении фосфора.

**2.2. Обнаружение кремния.** Полученный плав обрабатывают 50%-ной  $\text{HCl}$ , переносят в фарфоровую чашку и упаривают досуха. К остатку прибавляют несколько миллилитров разбавленной  $\text{HCl}$ . Не растворившийся осадок отфильтровывают, промывают 1-2 раза дистиллированной водой, 0,1 %-ным раствором метиленового голубого (малахитового зеленого) в 10 %-ном растворе уксусной кислоты и затем снова 1-2 раза дистиллированной водой. Адсорбирующийся на кремневой кислоте краситель окрашивает осадок на фильтре в интенсивно синий цвет.

№ п/п	Название полимера	Определяемый атом (ион)	Наблюдаемые явления	Вывод
1.1				
1.2				
1.3				
1.4				
1.5				



2.1				
2.2				

### Вопросы к лабораторной работе

1. Классификация высокомолекулярных соединений.
2. Перечислите основные особенности свойств высокомолекулярных соединений, отличающие их от свойств низкомолекулярных соединений.
3. По каким признакам полимеры подразделяют на природные, искусственные и синтетические? Приведите примеры таких полимеров.

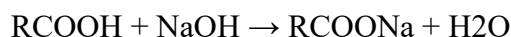
## Лабораторная работа № 2

### Определение функциональных групп в составе полимера

**Цель:** определить тип функциональных групп, входящих в состав полимера.

#### 2.1. Определение карбоксильных групп и кислотного числа.

Содержание карбоксильных групп и кислотного числа определяют титрованием исследуемого вещества щелочью:



**Реактивы:** полиакриловая кислота, гидроксид натрия (калия) 0,1 Н раствор, фенолфталеин (1 %-ный спиртовой раствор).

**Приборы:** ступка с пестиком, бюретка, мерный цилиндр, колбы конические.

#### Ход определения

Полиакриловую кислоту тщательно растирают в ступке. Навеску полиакриловой кислоты массой 0,1 — 0,3 г, взятую с точностью до 0,0002 г, помещают в колбу, приливают 15-30 мл дистиллированной воды и перемешивают до полного растворения.

Раствор титруют 0,1 Н раствором щелочи. Точку эквивалентности фиксируют по появлению розовой окраски фенолфталеина.

Анализируют две пробы, параллельно проводят контрольный опыт с тем же количеством растворителя.

Содержание карбоксильных групп вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 0,0045 \cdot 100}{g}$$

, где  $V_1$  – объем 0,1Н щелочи, израсходованной на титрование рабочей пробы,  $\text{см}^3$ ;  $V_2$  – объем 0,1Н щелочи, израсходованной на титрование контрольной пробы,  $\text{см}^3$ ;

0,0045 — количество  $\text{COOH}$  групп, соответствующее 1  $\text{см}^3$  точно 0,1Н раствора щелочи, г;

$g$  – навеска вещества, г.

Кислотное число характеризуется количеством  $\text{KOH}$  ( $\text{NaOH}$ ) ( в мг), которое необходимо для нейтрализации карбоксильных групп, содержащихся в 1 г анализируемого вещества.

Кислотное число ( $\text{КЧ}$ ) рассчитывают по формуле:

$$\text{КЧ} = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 0,00561 \cdot 1000}{g}$$

$$KЧ = \frac{(V1 - V2) \cdot 0,00561 \cdot 1000}{g}, \text{ где } 0,00561 \text{ — титр } 0,1\text{Н раствора KOH, г/см}^3.$$

Для титрования можно применять раствор NaOH, но в расчетную формулу следует ставить титр раствора KOH той же нормальности.

Вопросы к лабораторной работе

1. Каковы особенности физико-химического поведения полиэлектролитов по сравнению с низкомолекулярными электролитами? Приведите примеры.
2. Что такое поликислоты, полиоснования, полисоли и полиамфолиты? Приведите примеры этих соединений.
3. Каковы особенности диссоциации полиэлектролитов, обладающих вторичной структурой? В качестве примера рассмотрите полиметакриловую кислоту.

### Лабораторная работа № 3

#### Определение содержания метилметакрилата

**Цель:** определить содержание металметакрилата в изучаемом образце

Метод основан на нахождении эфирного числа анализируемого образца мономера.

Для нахождения эфирного числа необходимо определить кислотное число и число омыления.

#### 3.1 Определение кислотного числа

Реактивы: 0,1Н раствор гидроксида натрия, спирт этиловый, фенолфталеин (1 %-ный водный раствор).

Приборы: колбы конические с пришлифованными пробками (150 см<sup>3</sup>), мерный цилиндр, градуированная пипетка (5 см<sup>3</sup>).

Ход определения

В колбу наливают 20-25 см<sup>3</sup> предварительно нейтрализованного этилового спирта, вводят 3-4 г анализируемого образца, взвешенного с точностью до 0,001 г, титруют свободную кислоту раствором щелочи в присутствии фенолфталеина до первого появления розового окрашивания.

Анализируют две пробы. Из полученных результатов находят среднее значение.

Содержание метакриловой кислоты X(%) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{V \cdot 0,00861 \cdot 100}{g}, \text{ где}$$

V – объем 0,1Н раствора щелочи, см<sup>3</sup>;

0,00861 — количество метакриловой кислоты, соответствующее 1 см<sup>3</sup> точно 0,1Н раствора NaOH;

g – навеска образца, г.

Кислотное число исследуемого образца КЧ( в мг KOH/г) вычисляют по формуле:

$$KЧ = \frac{(V1 - V2) \cdot 0,00561 \cdot 1000}{g}, \text{ где}$$

где 0,00561 — титр 0,1Н раствора KOH, г/см<sup>3</sup>.

Для титрования можно применять раствор NaOH, но в расчетную формулу следует ставить титр раствора KOH той же нормальности.

### 3.2. Определение числа омыления

Реактивы: NaOH (0,5N раствор), HCl (0,5N), раствор фенолфталеина спиртовой (1 %-ный).

Приборы: колбы конические с пришлифованными пробками (250 см<sup>3</sup>), мерный цилиндр, капельница для взятия навески .

Ход определения

В колбу наливают 30-35 см<sup>3</sup> раствора NaOH и помещают 1-2 г анализируемого раствора, взвешенного с точностью до 0,0002 г. Содержимое колбы тщательно перемешивают и выдерживают 30-40 мин, периодически перемешивая. Избыток щелочи оттитровывают кислотой в присутствии фенолфталеина.

Анализируют две пробы, из полученных результатов принимают среднее значение.

Число омыления ЧО ( в мг КОН/г) рассчитывают по формуле:

$$\text{ЧО} = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 0,028 \cdot 1000}{g}, \text{ где}$$

V<sub>1</sub> – объем 0,5N раствора HCl, израсходованного на титрование контрольной пробы, см<sup>3</sup>;

V<sub>2</sub> – объем 0,5N раствора HCl, израсходованного на титрование рабочей пробы, см<sup>3</sup>.

0,028 — титр 0,5N раствора КОН, г/см<sup>3</sup>;

g – навеска образца, г.

Зная теоретическое эфирное число и определив число омыления и кислотное число, содержание эфира X (%) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{\text{ЧО}_{\text{найден}} - \text{КЧ}_{\text{найден}}}{\text{ЭЧ}_{\text{теор}}}$$

Вопросы к лабораторной работе

1. Что такое интерполиэлектролитные реакции? Назовите области их применения.

### Лабораторная работа № 4

#### Деструкция и денатурация природных полимеров

**Цель:** изучить условия протекания реакции деструкции природных полимеров

#### 4.1. Денатурация белка концентрированными минеральными кислотами

В пробирку налить 10 капель концентрированной азотной кислоты, держа пробирку под углом 45°, добавить 5 капель раствора яичного белка. Отметьте изменения на границе двух слоев жидкости (кольцо денатурированного белка)

#### 4.2. Денатурация белка органическими кислотами

В пробирку налить 10 капель трихлоруксусной кислоты и добавьте 5 капель раствора яичного белка. Отметьте произошедшие изменения.

#### 4.3. Денатурация белка солями тяжелых металлов

В две пробирки налейте по 10 капель раствора белка и добавьте в первую пробирку: 1-2 капли раствора сульфата меди, во вторую — раствор ацетата свинца (1-2 капли). Наблюдайте за выпадением осадка белка.

#### 4.4. Денатурация белка органическими растворителями

В три пробирки налейте по 10 капель и добавьте равные объемы органических растворителей: в первую — этиловый спирт, во вторую — ацетон, в третью — хлороформ. Наблюдайте за выпадением осадка.

При оформлении отчета укажите по каждой реакции осаждения особенности действия денатурирующих веществ, в выводах отметьте причину денатурацию белка.

#### 4.5. Кислотный гидролиз крахмала

В коническую колбу емкостью 50 см<sup>3</sup> наливают 20-25 мл 1 %-ного раствора крахмального клейстера и 3-5 мл 10 %-ного раствора серной кислоты. В 7-8 пробирок наливают по 1 мл очень разбавленного раствора йода в иодиде калия (светло-желтого цвета), пробирки ставят в штатив.

В первую пробирку вносят 1-3 капли подготовленного для опыта раствора крахмала. Отмечают образовавшуюся окраску. Затем колбу нагревают на асбестовой 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. Результаты внести в таблицу.

№ пробирки	Время после начала опыта для внесения раствора йода в иодиде калия							
	30 с	60 с	90 с	120 с	150 с	180 с	210 с	240 с
Окраска раствора после внесения в I <sub>2</sub> в KI	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>

После того как реакционная смесь перестанет давать окраску с йодом, смесь кипятят еще 2-3 минуты, после чего ее охлаждают и нейтрализуют 10 %-ным раствором гидроксида натрия, добавляя его по каплям до щелочной реакции среды (появление розовой окраски на фенолфталеиновой бумаге)

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

Выпадает ли осадок красного цвета? Напишите уравнение реакции гидролиза крахмала. Объясните почему в процессе гидролиза изменяется окраска гидролизата с йодом.

#### 4.6. Растворение целлюлозы в медно-аммиачном растворе (реактиве Швейцера)

В пробирку наливают 5 мл медно-аммиачного раствора (реактив Швейцера), опускают в него очень маленький кусочек фильтровальной бумаги и тщательно перемешивают стеклянной палочкой до полного растворения. Получается вязкая прозрачная жидкость ярко-синего цвета.

Получившийся раствор выливают тонкой струей в стакан, содержащий около 100 мл теплой воды, подкисленной 2-5 мл концентрированной серной кислоты. Целлюлоза выделяется в виде хлопьев.

#### 4.7. Получение растительного пергамента (амилоида)

В три фарфоровые чашки наливают:

- 1 — 80 %-ный раствор серной кислоты;
- 2 — дистиллированную воду;
- 3 — 5 %-ный раствор аммиака.

В раствор серной кислоты опускают на 8-10 с среднюю часть полоски фильтровальной бумаги (10\*3 см), сухие концы бумаги держат в руках. Избыток кислоты быстро сливают в ту же фарфоровую чашку, промывают участок бумаги. Обработанный кислотой, в воде, налитой во вторую чашку. Затем нейтрализуют остатки кислоты разбавленным раствором аммиака. Просушивают полученный растительный пергамент между листами фильтровальной бумаги и сравнивают вид и прочность участка, обработанного кислотой с

необработанным. Наносят капли разбавленного раствора йода на обработанный участок бумаги. Какая окраска получается? Объясните ответ.

Вопросы к лабораторной работе

1. Физико-химические особенности биополимеров
2. Классификация биополимеров: белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды, стероиды). Основные функциональные группы, встречающиеся в разных биополимерах.
3. Взаимодействия, стабилизирующие пространственную структуру белка. Понятие о денатурирующих агентах.
4. Строение пептидной связи, реакционно-способные центры, химические реакции, протекающие с участием пептидной связи.

### Лабораторная работа № 5

#### Изучение свойств эпоксидной смолы

**Цель работы:** определение эпоксидного числа смолы и расчёт количества отвердителя.

Реактивы и материалы: эпоксидная смола, ацетон, концентрированная соляная кислота, 0,1 н раствор гидроксида натрия, фенолфталеин.

Посуда и приборы: конические колбы с пробками, объёмом 100-250 мл, стакан объёмом 100 мл, пипетки на 2-25 мл, мерный цилиндр на 100 мл, стеклянные палочки, фильтровальная бумага, бюретки для титрования.

Ход определения

Готовят ацетоновый раствор соляной кислоты. Для этого в конической колбе смешивают 60 мл ацетона с 1,5 мл концентрированной соляной кислоты. Колбы закрывают притёртыми пробками.

Точные навески эпоксидной смолы по 0.2-0.3 г помещают в две плоскодонные колбы с притёртыми пробками и наливают в каждую по 15 мл ацетонового раствора соляной кислоты. В третью колбу наливают только 15 мл ацетонового раствора (холостая проба). Приготовленные смеси выдерживают 30 мин при комнатной температуре.

Объём кислоты, затраченной на взаимодействие с эпоксидами, определяют титриметрическим методом.

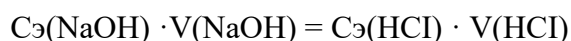
Для этого избыток соляной кислоты, не прореагировавшей со смолой, оттитровывают 0,1 н раствором гидроксида натрия в присутствии фенолфталеина.

Эпоксидное число (ЭЧ) в процентах вычисляют по формуле:

$$\text{ЭЧ} = \frac{(V_1 - V_2) \cdot F \cdot 100 \cdot 0,00435}{g}, \text{ где}$$

$V_1$  и  $V_2$  - объёмы 0,1 Н раствора гидроксида натрия, пошедшие на титрование контрольной пробы и пробы с навеской эпоксидной смолы (мл),  $F$  – поправка к титру 0,1 Н раствора гидроксида натрия ( $F = 1$ , если раствор приготовлен из фиксаля);  $g$  – масса навески (в г); 0,00435 – количество эпоксидных групп, соответствующие 1 мл 0,1 Н раствора гидроксида натрия.

Поправка к титру определяется титрованием 10 мл точно 0,1 Н раствора соляной кислоты, приготовленного из фиксаля, примерно 0,1 Н раствора гидроксида натрия в присутствии индикатора фенолфталеина. Определяют объём гидроксида натрия, пошедший на титрование. Затем определяют точную концентрацию раствора гидроксида натрия, используя формулу:



Поправка к титру показывает, во сколько раз концентрация приготовленного раствора больше или меньше 0,1 н, то есть,  $F = 0,1 / C_{\text{э}}(\text{NaOH})$ .

*Расчёт количества отвердителя.*

Рассчитайте количество отвердителя (этилендиамина и мета-фенилендиамина), необходимого для отверждения 1 г эпоксидной смолы по формуле:

$$X = \frac{M \cdot \text{ЭЧ}}{43 N}, \text{ где}$$

$M$  – молекулярная масса отвердителя,  $\text{ЭЧ}$  – содержание эпоксидных групп в смоле (%),  $N$  – число центров отверждения в отвердителе (в отвердителях аминного типа это число сшивающих активных водородов).

*Задание:*

1. Рассчитайте эпоксидное число как среднее арифметическое результатов двух титрований.
2. Рассчитайте количество этилендиамина и мета-фенилендиамина, необходимого для отверждения 1 г эпоксидной смолы. Напишите схемы реакций отверждения.

Вопросы к лабораторной работе

1. Каковы основные различия между химическими реакциями макромолекул и аналогичными реакциями низкомолекулярных соединений?
2. Какие типы деструкционных процессов наблюдаются для полимеров? Какие различают типы деструкции? Приведите примеры.
3. В чем заключается механизм сшивания полимеров и каковы основные направления практического использования этого метода химической модификации?

## Лабораторная работа № 6

### Химические свойства волокон

**Цель работы:** изучение химических свойств текстильных волокон.

#### 6.1. Действие на текстильные волокна неорганических кислот

Под химическими свойствами волокон понимают их отношение к действию химических реагентов (кислот, щелочей, окислителей, растворителей). При воздействии химических веществ различной природы на волокна возможны следующие изменения: набухание, растворение (частичное или полное), разрушение (изменение цвета раствора или волокна).

**Порядок выполнения опыта.**

В пробирки поместить по одному образцу волокна (*волокна выдаются по заданию преподавателя*). Осторожно прилить по 1 мл концентрированной серной кислоты. Наблюдать за поведением волокон в кислоте в течение 5-10 минут (полное растворение или нарушение структуры волокна).

В пробирки поместить образцы шерсти, натурального шелка, капрона, хлопка. В каждую из них осторожно добавить по 1 мл концентрированной азотной кислоты. Отметить изменение окраски и набухание отдельных волокон.

По окончании опыта содержимое пробирок слить в особую склянку для отработанной азотной кислоты.

**Контрольные вопросы**

1. Как влияет концентрированная серная кислота на волокна: вискозное, ацетатное, капрон, лавсан, нитрон?
2. Как влияет концентрированная азотная кислота на шерсть, натуральный шелк, капрон, хлопок?

3. Какова формула волокнообразующих полимеров, используемых в данном опыте?

### **6.2. Действие на текстильные волокна органических кислот в различных концентрациях**

Органические кислоты являются более слабыми, поэтому не так агрессивны, с точки зрения воздействия на текстильные материалы, как минеральные и оказывают менее выраженное воздействие на волокна.

*Реактивы и материалы:* уксусная кислота 3%-ная, муравьиная кислота 85%-ная, текстильные волокна.

*Меры предосторожности:* соблюдать осторожность при использовании органических кислот.

**Порядок выполнения опыта.** В пробирки поместить хлопок, ацетатное волокно, капрон (или образцы волокон по заданию преподавателя). Туда же прилить по 2 мл 3%-ного раствора уксусной кислоты. После 5-минутной обработки при комнатной температуре образцы отжать от кислоты о стенки пробирки стеклянной палочкой.

Половину каждого образца высушить без промывки на воздухе или в сушильном шкафу (по заданию преподавателя), а другую половину – высушить после тщательной промывки водой (в аналогичных условиях). Сравнить органолептически прочность обработанных образцов на разрыв.

В пробирки поместить те же самые волокна и прибавить по 2 мл 85%-ного раствора муравьиной кислоты. После выдерживания образцов в течение 5-10 минут при комнатной температуре отметить происходящие с волокнами изменения.

*Контрольные вопросы*

1. Каковы формулы полимеров, входящих в состав хлопка, эфирцеллюлозных волокон, капрона?

2. Как влияет 3%-ный раствор уксусной кислоты на прочность изученных волокон без последующей промывки и после промывки?

### **6.3. Действие щелочей на текстильные волокна**

*Реактивы и материалы:* едкий натр (10%-ный раствор и 3%-ный раствор), текстильные волокна.

*Меры предосторожности:* обращаться с осторожностью с раствором едкого натра; соблюдать осторожность при работе с кипящей водяной баней.

**Порядок выполнения опыта.** В пробирки поместить образцы волокон (*волокна выдаются по заданию преподавателя*). Прилить по 2 мл 3%-ного раствора едкого натра. Образцы выдержать в кипящей водяной бане в течение 20 минут. Отметить изменения внешнего вида волокна.

В пробирки поместить те же волокна и добавить 10%-ного раствора едкого натра по 2 мл. Обработку производить при комнатной температуре. Отметить изменение свойств волокон.

*Контрольные вопросы*

1. Каковы формулы волокнообразующих полимеров, используемых в опыте?

2. Как влияет 10%-ный раствор едкого натра на свойства изученных Вами волокон?

### **6.4. Действие на текстильные волокна окислителей**

*Реактивы и материалы:* гипохлорит натрия или хлорная известь в концентрации 5 г/л активного хлора, целлюлозные и гидратцеллюлозные волокна, белковые волокна.

*Меры предосторожности:* соблюдать осторожность при работе с окислителями.

**Порядок выполнения опыта.** Образцы волокон поместить в пробирки, прилить 2-3 мл раствора гипохлорита натрия или хлорной извести в концентрации 5 г/л активного хлора (*волокна выдаются по заданию преподавателя*). Обработку вести 15 минут при комнатной температуре, после чего образцы тщательно промыть водой, затем бисульфитом натрия для удаления следов хлора и вновь водой. Высушить в сушильном шкафу при

60-80°C. Аналогичный опыт провести без промывки образцов после обработки окислителем.

#### Контрольные вопросы

1. Что собой представляют волокнообразующие полимеры, используемые в опытах? Привести химический состав элементарного звена полимеров.
2. Как влияют окислители на волокна различного происхождения? Произвести сравнение устойчивости различных по природе волокон.

### 6.5. Действие на текстильные волокна растворителей

*Материалы и реактивы:* реактив Швейцера, аммиак, хлопок, вискозное волокно, натуральный шелк.

*Меры предосторожности:* соблюдать осторожность при работе с ацетоном, поскольку пары органических растворителей токсичны.

**Порядок выполнения опыта.** В 3 пробирки взять образцы хлопка, вискозного волокна и натурального шелка. В каждую пробирку прилить примерно по 3 мл реактива Швейцера (аммиачный раствор гидроксида окиси меди). Отметить скорость растворения каждого волокна.

В пробирку взять пробу ацетатного волокна и обработать его 2-3 мл ацетона (в вытяжном шкафу). Наблюдать происходящие с волокном изменения.

#### Контрольные вопросы

Какова формула реактива Швейцера? Как он влияет на хлопок?

Для какого из эфироцеллюлозных волокон ацетон является растворителем?

## Лабораторная работа № 7

### Получение полиэтиленфталата конденсацией этиленгликоля и фталевого ангидрида

Цель: ознакомиться со способом получения линейного полиэфира с использованием ангидрида дикарбоновой кислоты

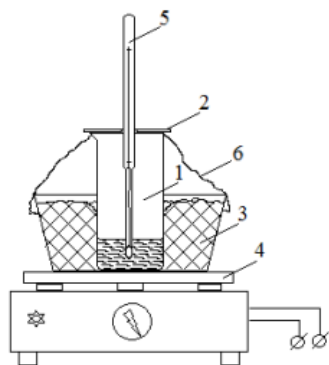
Реактивы и материалы:

ангидрид фталевый — 14,8 г; этиленгликоль — 6,4 г; гидроксид калия 0,1N спиртовой раствор — 150 мл; спирто-бензойная смесь (1:1 об.) - 100 мл; спиртовой раствор фенолфталеина; калька.

Посуда и инструменты: стакан фарфоровый — 200-250 см<sup>3</sup>, с плотной крышкой; термометр с диапазоном температур 100-300°; коническая колба — 100 -250 см<sup>3</sup> (3 шт), бюретка, шпатель; весы аналитические, песчаная баня, электрическая плитка.

Ход выполнения:

В предварительно взвешенный фарфоровый стакан 1 загружают этиленгликоль, ангидрид и тщательно перешивают реагенты шпателем. Затем стакан накрывают крышкой 2 и устанавливают песчаную баню 3 с электроплиткой 4. В отверстие крышки устанавливают термометр 5 так, чтобы его шарик был погружен в смесь реагентов, но не касался дна. Верхнюю часть стакана и ободок песчаной бани оборачивают тканью 6 и включают обогрев.



По достижению температуры 130-135°, ее поддерживают периодической регулировкой нагрева или изменением мощности нагрева плитки в течение 1 часа. Реакционная масса превращается вязкий расплав. Затем температуру поднимают до 180 °С. Образующиеся на стенках стакана и внутренней поверхности крышки кристаллы ангидрида следует периодически счищать и перемешивать с реакционной массой. Эту операцию обязательно следует выполнять перед отбором проб для определения кислотного числа (КЧ), среднечисловой молекулярной массы  $M_n$  и средней степени полимеризации  $\bar{n}$ . Пробы отбирают по достижении температуры



массы 135 °С, а затем – каждые 30 минут в течение всего процесса. Для этого с шарика термометра, извлечённого из стакана, аккуратно переносят на предварительно взвешенный кусочек кальки 0,2–0,3 г реакционной массы. Точную массу пробы определяют по привесу. Для каждого времени отбирают 2 параллельные пробы. По завершении процесса определяют выход продукта по разнице масс стакана после синтеза и до загрузки реагентов, утя массы отобранных проб.

КЧ определяют следующим образом. Точно взвешенную пробу с кусочком кальки переносят в конус, добавляют 20–30 мл спирто-бензольной смеси и перемешивают содержимое до полного растворения пробы. К раствору добавляют 3–4 капли индикатора и титруют 0,1 N спиртовым раствором КОН до появления бледно-розовой окраски, не исчезающей в течение 10–15 с. Параллельно проводят холостой опыт с тем же количеством растворителя, но без пробы реакционной массы. КЧ определяют по формуле:

$$KЧ = \frac{56,1 \cdot (V_1 - V_2) \cdot N}{g}, \text{ где}$$

56,1 – эквивалентная масса КОН;  $V_1$  и  $V_2$  – объёмы титранта, пошедшие на титрование анализируемой пробы и холостого опыта, мл; N – концентрация титранта, экв/л (мэкв/мл); g – масса пробы, г.

За искомую величину КЧ принимают среднее арифметическое значений КЧ, полученных анализом двух параллельных проб.

Среднечисловую молекулярную массу рассчитывают по формуле:

$$\overline{Mn} = \frac{1000 \cdot g}{(V_1 - V_2) \cdot N} = \frac{56100}{KЧ}$$

Среднюю степень полимеризации находят по соотношению:

$$n = \frac{\overline{Mn}}{M_{спз}} = \frac{56100}{KЧ \cdot M_{спз}}, \text{ где}$$

$M_{спз}$  – эквивалентная масса составного повторяющегося звена полиэфира.

Полученные данные и рассчитанные величины заносят в таблицу, которую приводят в отчёте:

Таблица 1. Данные аналитического контроля процесса получения и характеристики полиэфира

№п/п	T, °C	Время от выхода на режим, мин.	m, г	(V1 – V2), мл	КЧ	$\overline{n}$	n

Вопросы к лабораторной работе

1. Написать схему и постадийный механизм процесса полиэтерификации.
2. Написать постадийную схему полиэтерификации с использованием диола и ангидрида дикарбоновой кислоты.
3. Как можно объяснить предложенный в методике температурно-временной режим процесса?

4. Что такое кислотное число продукта, когда и почему используют эту характеристику? Как определяют КЧ?
5. Какие технологические факторы влияют на молекулярную массу продуктов поликонденсации?
6. В чём состоят особенности промышленного способа получения полиэтилентерефталата и чем они обусловлены?
7. В каких областях практического применения, и в каких материалах используют полиэферы?

## **Лабораторная работа № 8**

### **Синтез термостабилизатора ПВХ и оценка его эффективности**

**Цель:** Ознакомиться с принципами ингибирования термодеструкции поливинилхлорида.

**Реактивы и материалы:**

поливинилхлорид суспензионный (ПВХ) – 3 г;  
карбоновые кислоты: стеариновая, пальмитиновая – 5 г;  
соли водорастворимые металлов: кальция, бария, кадмия, свинца, олова, цинка – 5 г;  
натрия гидроокись, 15 %-й водный раствор – 5–6 мл;  
вода дистиллированная;  
бумага фильтровальная;  
бумага индикаторная универсальная – 3–4 полоски; асбестовый картон.

**Посуда и инструменты:**

стакан фарфоровый или стеклянный термостойкий высокий на 250–400 мл;  
стакан лабораторный на 50 мл;  
цилиндр мерный на 10 мл;  
воронка Бюхнера или Шотта с колбой Бунзена;  
ступка фарфоровая с пестиком;  
палочка стеклянная Ø 5–6 мм для перемешивания; шпатель;  
пробирка с пробкой – 2 шт.;  
проволока тонкая длиной 100–150 мм – 2 шт.

**Оборудование и приборы:**

весы лабораторные с дискретностью 0,01 г; плитка электрическая; термометр лабораторный с диапазоном измерений до 200 °С;  
баня глицериновая (стакан лабораторный на 0,5–1,0 л с техническим глицерином);  
вакуумный насос водоструйный; термошкаф; часы или секундомер.

#### **Порядок выполнения работы**

Вид стабилизатора уточняет преподаватель перед допуском к работе.

#### Часть I

В фарфоровый (стеклянный термостойкий) стакан наливают 20–25 мл воды, нагревают на плитке до 85–90 °С, после чего добавляют навеску карбоновой кислоты и при перемешивании стеклянной палочкой доводят вещество до расплавленного состояния. Затем к расплаву кислоты в воде при перемешивании небольшими порциями добавляют около 5 мл 15 %-го водного раствора гидроокиси натрия, контролируя кислотность среды с помощью индикаторной бумаги. Очередную порцию щелочи добавляют, если значение рН среды не превышает 10. Следует не допускать комкования смеси продукта и кислоты, а также следить за тем, чтобы консистенция реакционной массы позволяла её перемешивать. В противном случае следует добавить в реакционную массу 15–25 мл воды и нагреть содержимое стакана до 70–85 °С. Если после перемешивания в течение 2–3 минут  $\text{pH} \geq 10$ , добавление раствора щелочи прекращают.

Навеску соли металла, взятую с 5 %-м избытком от эквивалентного соотношения с кислотой, растворяют в 20–25 мл воды, и малыми порциями при перемешивании прили-

вают к реакционной массе, поддерживая температуру смеси 85–90 °С. При загустевании массы, препятствующем эффективному перемешиванию, следует добавить 50–100 мл воды. Последобавления всего раствора соли массу перемешивают ещё 3–5 минут и охлаждают до комнатной температуры. Полученный продукт отделяют от маточника фильтрованием на воронке Бюхнера (Шотта) под вакуумом водоструйного насоса, промывают горячей водой до нейтральной реакции промывных вод и сушат в термошкафу при температуре, на 20–30 ° ниже температуры плавления продукта.

### Часть II

В ступку помещают 0,1 г синтезированной соли карбоновой кислоты и тщательно растирают пестиком до получения однородного тонкодисперсного порошка. Затем в ступку добавляют малыми порциями 1 г ПВХ, тщательно растирая содержимое между добавлением порций. Полученную смесь переносят в пробирку. В другую такую же пробирку помещают 1 г чистого ПВХ. В каждую из пробирок вводят смоченную водой полоску индикаторной бумаги, закреплённой на конце проволоки. Второй конец проволоки фиксируют посредством его загиба на срезе пробирки и неплотного закрытия отверстия пробкой. Расстояние от нижнего конца индикаторной бумажки до верхнего слоя ПВХ в обеих пробирках должно быть одинаковым и составлять 20–25 мм.

Глицериновую баню нагревают до 170–175 °С, после чего устанавливают в неё пробирки с образцами и начинают отсчёт времени. Наблюдают за изменениями, происходящими с обоими образцами. Фиксируют время начала заметного потемнения ПВХ и начала покраснения краёв полосок индикаторных бумажек. Отношение интервалов времени сначала термического воздействия до покраснения бумажек в пробирках принимают как меру эффективности термостабилизатора.

### **Вопросы**

1. Какие существуют методы и способы получения ПВХ?
2. Чем обусловлена причина низкой термостойкости ПВХ и каков механизм процесса его термодеструкции?
3. Какой химизм термостабилизации ПВХ синтезированным в работе соединением?
4. Какие соединения используют (могут быть использованы) в качестве термостабилизаторов ПВХ и какие химические реакции обуславливают их применение?
5. Почему в работе использован двухстадийный способ синтеза термостабилизатора?
6. Какие химические процессы лежат в основе оценки эффективности синтезированного термостабилизатора?
7. Какие основные области применения ПВХ известны и чем обусловлено разнообразие свойств полимерных материалов на основе ПВХ?

## **Лабораторная работа № 9**

### **Изучение кинетики набухания сшитых полимеров**

**Цель работы:** определить изменение степени набухания резины на основе бутадиенового каучука в двух растворителях во времени.

**Исходные вещества:** резины на основе бутадиенового каучука (пластина толщиной 2 мм); толуол и гептан или ксилол и гексан.

**Оборудование:** электронные весы с точностью взвешивания до третьего знака после запятой; секундомер, бюксы ёмкостью 50 см<sup>3</sup> (2 шт.); пинцет, ножницы.

#### **Порядок выполнения работы**

Из резиновой пластины вырезают две прямоугольные полоски массой от 50 до 80 мг. Включают весы и определяют массу образцов. После взвешивания образец резины

помещают в бюкс, содержащий 5 см<sup>3</sup> одного из растворителей, одновременно включая секундомер. Бюкс герметично закрывают, образец выдерживают в растворителе в течение 5 мин, затем вынимают из бюкса пинцетом, излишки растворителя с поверхности образца удаляют фильтровальной бумагой и взвешивают на электронных весах. После взвешивания набухший образец снова опускают в бюкс с растворителем и включают секундомер. Время выдержки образца устанавливают 5 мин. В дальнейшем время набухания устанавливается равным 5, 5, 10, 10, 10, 10, 15, 15 мин и далее, если требуется, по 15 мин. Измерения прекращают, когда различия в массах набухшего образца для трех последних измерений превышают 3 мг.

Затем проводят аналогичные измерения со вторым образцом резины и другим растворителем.

Для количественной характеристики набухания рассчитывают степень набухания для каждого фиксированного значения времени  $t$ :

$$\alpha_t = \frac{m_t - m_0}{m_0}, \text{ где}$$

#### **Задание**

Сопоставить степень набухания образцов резины в двух растворителях и объяснить наблюдаемые различия.

Вопросы к лабораторной работе:

1. Из каких стадий состоит процесс растворения ВМС?.
2. Что называется истинным раствором?
3. Чем отличается истинный раствор от коллоидного?
4. Как определяется концентрация раствора?
5. Чем отличается ограниченное набухание ВМС от неограниченного?
6. Охарактеризуйте основные особенности процесса набухания полимера.

## Лабораторная работа № 10

### Качественный структурно-групповой анализ мономера и полимера

**Цель работы:** снять ИК-спектры мономера и полимера и идентифицировать их по наиболее сильным полосам поглощения.

**Исходные вещества:** порошкообразные полиметилметакрилат и полистирол; метилметакрилат; стирол; полистирол (пленка толщиной 25 мкм); вазелиновое масло.

**Оборудование:** двухлучевой спектрофотометр; кюветы разборные с вкладышами (2 шт.); набор колец-стаканов; держатели для кювет; прокладки; пипетки; агатовая ступка с пестиком.

### Порядок выполнения работы

Сначала производят градуировку прибора по пленке полистирола. Для этого ее закрепляют в держателе кюветы, помещают кювету в прибор и записывают спектр в соответствии с инструкцией к спектрофотометру. Полученный спектр сравнивают со спектром эталона по характерным полосам поглощения в интервале  $3100\text{--}2800$  и  $2000\text{--}700\text{ см}^{-1}$  (рис. 1).

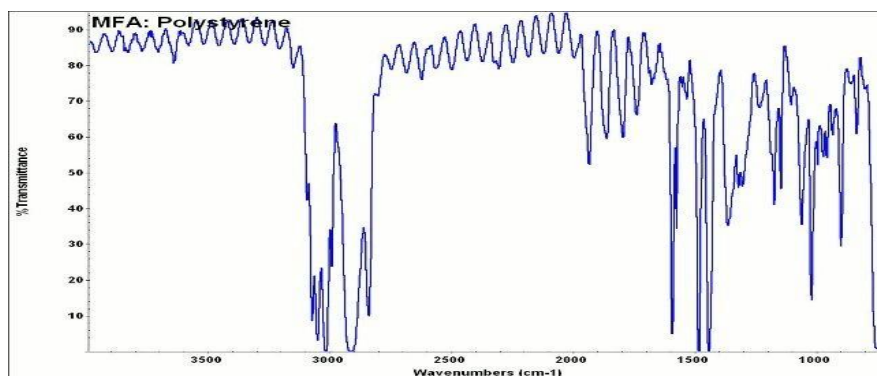


Рис. 1. ИК-спектр полистирола

**Снятие ИК-спектра мономера.** Каплю жидкого мономера растирают с KBr, готовят таблетку и проводят измерение. По полученным данным интерпретируют наиболее интенсивные полосы поглощения исследуемого мономера.

**Снятие ИК-спектра раствора полимера.** Каплю жидкого полимера растирают с KBr, готовят таблетку и проводят измерение. Далее по справочным данным интерпретируют спектр по наиболее интенсивным полосам поглощения.

**Измерение ИК-спектра твердого полимера.** Образец в виде пленки помещают между окнами разборной кюветы, закрепляют в держателе и устанавливают в рабочем канале спектрофотометра. Из порошка полимера готовят пасту по описанной выше методике. Затем записывают спектр исследуемого вещества в широком интервале длин волн. Полученный спектр интерпретируют, пользуясь справочными данными.

**Задание:** На основе расшифровки спектров мономера и полимера объяснить наблюдаемые различия.

Вопросы к лабораторной работе

1. В чем сущность ИК-спектроскопического метода анализа полимеров?
2. Какова сущность качественного и количественного ИК-спектроскопического анализа вещества?
3. Дайте определение характеристическим полосам поглощения и приведите примеры их для наиболее распространенных химических групп.
4. Каковы причины, ухудшающие качество ИК-спектра?
5. Какую информацию можно получить при исследовании полимеров методом ИК-спектроскопии?

## Лабораторная работа № 11

### Синтез термостабилизатора ПВХ и оценка его эффективности

**Цель:** Ознакомиться с принципами ингибирования термодеструкции поливинилхлорида.

**Реактивы и материалы:**

- поливинилхлорид суспензионный (ПВХ) – 3 г;
- карбоновые кислоты: стеариновая, пальмитиновая – 5 г;
- соли водорастворимые металлов: кальция, бария, кадмия, свинца, олова, цинка – 5 г;
- натрия гидроокись, 15 %-й водный раствор – 5–6 мл;
- вода дистиллированная;
- бумага фильтровальная;
- бумага индикаторная универсальная – 3–4 полоски; асбестовый картон.
- Посуда и инструменты:
- стакан фарфоровый или стеклянный термостойкий высокий на 250–400 мл;
- стакан лабораторный на 50 мл;
- цилиндр мерный на 10 мл;
- воронка Бюхнера или Шотта с колбой Бунзена;
- ступка фарфоровая с пестиком;
- палочка стеклянная Ø 5–6 мм для перемешивания; шпатель;
- пробирка с пробкой – 2 шт.;
- проволока тонкая длиной 100–150 мм – 2 шт.

**Оборудование и приборы:**

- весы лабораторные с дискретностью 0,01 г; плитка электрическая; термометр лабораторный с диапазоном измерений до 200 °С;
- баня глицериновая (стакан лабораторный на 0,5–1,0 л с техническим глицерином);
- вакуумный насос водоструйный; термошкаф; часы или секундомер.

#### Порядок выполнения работы

Вид стабилизатора уточняет преподаватель перед допуском к работе.

#### Часть I

В фарфоровый (стеклянный термостойкий) стакан наливают 20–25 мл воды, нагревают на плитке до 85–90 °С, после чего добавляют навеску карбоновой кислоты и при перемешивании стеклянной палочкой доводят вещество до расплавленного состояния. Затем к расплаву кислоты в воде при перемешивании небольшими порциями добавляют около 5 мл 15 %-го водного раствора гидроокиси натрия, контролируя кислотность среды с помощью индикаторной бумаги. Очередную порцию щелочи добавляют, если значение pH среды не превышает 10. Следует не допускать комкования смеси продукта и кислоты, а также следить за тем, чтобы консистенция реакционной массы позволяла её перемешивать. В противном случае следует добавить в реакционную массу 15–25 мл воды и нагреть содержимое стакана до 70–85 °С. Если после перемешивания в течение 2–3 минут  $\text{pH} \geq 10$ , добавление раствора щелочи прекращают.

Навеску соли металла, взятую с 5 %-м избытком от эквивалентного соотношения с кислотой, растворяют в 20–25 мл воды, и малыми порциями при перемешивании приливают к реакционной массе, поддерживая температуру смеси 85–90 °С. При загустевании массы, препятствующем эффективному перемешиванию, следует добавить 50–100 мл воды. После добавления всего раствора соли массу перемешивают ещё 3–5 минут и охлаждают до комнатной температуры. Полученный продукт отделяют от маточника фильтрованием на воронке Бюхнера (Шотта) под вакуумом водоструйного насоса, промывают горячей водой до нейтральной реакции промывных вод и сушат в термошкафу при температуре, на 20–30 ° ниже температуры плавления продукта.

## Часть II

В ступку помещают 0,1 г синтезированной соли карбоновой кислоты и тщательно растирают пестиком до получения однородного тонкодисперсного порошка. Затем в ступку добавляют малыми порциями 1 г ПВХ, тщательно растирая содержимое между добавлением порций. Полученную смесь переносят в пробирку. В другую такую же пробирку помещают 1 г чистого ПВХ. В каждую из пробирок вводят смоченную водой полоску индикаторной бумаги, закреплённой на конце проволоки. Второй конец проволоки фиксируют посредством его загиба на срезе пробирки и неплотного закрытия отверстия пробкой. Расстояние от нижнего конца индикаторной бумажки до верхнего слоя ПВХ в обеих пробирках должно быть одинаковым и составлять 20–25 мм.

Глицериновую баню нагревают до 170–175 °С, после чего устанавливают в неё пробирки с образцами и начинают отсчёт времени. Наблюдают за изменениями, происходящими с обоими образцами. Фиксируют время начала заметного потемнения ПВХ и начала покраснения краёв полосок индикаторных бумажек. Отношение интервалов времени с начала термического воздействия до покраснения бумажек в пробирках принимают как меру эффективности термостабилизатора.

### Вопросы

1. Какие существуют методы и способы получения ПВХ?
2. Чем обусловлена причина низкой термостойкости ПВХ и каков механизм процесса его термодеструкции?
3. Какой химизм термостабилизации ПВХ синтезированным в работе соединением?
4. Какие соединения используют (могут быть использованы) в качестве термостабилизаторов ПВХ и какие химические реакции обуславливают их применение?
5. Почему в работе использован двухстадийный способ синтеза термостабилизатора?
6. Какие химические процессы лежат в основе оценки эффективности синтезированного термостабилизатора?
7. Какие основные области применения ПВХ известны и чем обусловлено разнообразие свойств полимерных материалов на основе ПВХ?

## Лабораторная работа № 12

### Термическая деполимеризация полиметилметакрилата

**Реактивы и материалы:** полиметилметакрилат (органическое стекло – стружки или мелкие кусочки), раствор карбоната натрия (10 %-ный), хлорид кальция (прокаленный), этиловый спирт, сиртовый раствор гидроксида калия 0,1 н, спиртовый раствор фенолфталеина, гидрохинон.

**Посуда и приборы:** изогнутые газоотводные трубки, стаканы химические (50–100 мл), лед, делительная воронка, весы, рефрактометр.

Выполнение работы.

Органическое стекло (полиметилметакрилат) при нагревании до температуры около 300 °С деполимеризуется с образованием исходного мономера – метилового эфира метакриловой кислоты (метилметакрилата).

Несколько кусочков органического стекла (плексигласа) помещают в пробирку и закрывают ее пробкой с газоотводной трубкой. Конец газоотводной трубки опускают почти до самого дна в пустую пробирку (приемник), охлаждаемую снаружи ледяной водой, налитой в стакан. Пробирку нагревают сначала осторожно, затем сильно. Образующийся в результате деполимеризации плексигласа метилметакрилат собирается в приемнике (жидкость желтоватого цвета). Желтый цвет метилметакрилата обусловлен присутствием примесей – продуктов термического разложения органического стекла.

Обычно отгонка деполимера начинается при более низких температурах, что объясняется присутствием остаточных количеств мономера в полимере. В процессе деполимеризации температура в парах колеблется в пределах 160–240 °С в зависимости от интен-

сивности нагревания и чистоты исходного полиметилметакрилата. Чистота исходного полимера влияет также на окраску мономера-сырца.

Нагревание прекращают, когда закончится интенсивная отгонка мономера-сырца, а на дне пробирки (в кубе) останется небольшое количество неразложившегося полимера. Приемную колбу с деполимером взвешивают и рассчитывают выход мономера-сырца. У мономера сырца определяют коэффициент рефракции.

#### **Очистка мономера-сырца**

В процессе термической деполимеризации попутно протекает окислительная деструкция и наряду с основным веществом – мономером образуются кислотные и другие продукты разложения. Поэтому полученный продукт деполимеризации обычно окрашен в цвета от желтого до коричневого и имеет кислую реакцию. Очистку деполимера от побочных продуктов разложения производят промывкой содовым раствором, водой и последующей перегонкой.

В целях выявления количества соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), необходимой для нейтрализации и промывки, определяют кислотное число деполимера.

Кислотное число отражает концентрацию карбоксильных групп ( $-\text{COOH}$ ) в 1 г вещества. Оно находится по количеству миллиграммов едкого кали ( $\text{KOH}$ ), пошедшего на нейтрализацию карбоксильных групп:



Для определения кислотного числа коническую колбу емкостью 100-150 см<sup>3</sup> взвешивают на аналитических весах и в нее пипеткой добавляют ~ 2 см<sup>3</sup> деполимера. Колбу с навеской вновь взвешивают на аналитических весах и определяют массу навески. К навеске в колбе пипеткой или мензуркой приливают 15 см<sup>3</sup> нейтрализованного этилового спирта и содержимое колбы перемешивают до полного растворения деполимера. После растворения в колбу добавляют 3-4 капли фенолфталеина и титруют содержимое колбы 0,1 н спиртовым раствором едкого кали до появления слабо розовой окраски.

Кислотное число определяют по формуле:

$$K.Ч. = \frac{V \cdot T \cdot 1000}{m}$$

где V – объем щелочи, пошедшей на титрование, см<sup>3</sup>; T – титр щелочи;

m – навеска деполимера, г.

По величине кислотного числа рассчитывают количество соды в г для нейтрализации деполимера:

$$M_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{K.Ч. \cdot 53 \cdot P}{56 \cdot 10}$$

где P – общая масса деполимера, полученного при разложении, г.

К вычисленному количеству соды добавляют избыток в размере 10% мас. и из общей рассчитанной массы готовят 10% -ный водный раствор соды.

В делительную воронку помещают мономер-сырец (деполимер) и приливают к нему приготовленный раствор соды. Содержимое воронки периодически встряхивают и после отстаивания сливают нижний водный слой. Оставшийся в делительной воронке нейтрализованный мономер-сырец промывают несколько раз дистиллированной водой до нейтральной реакции промывных вод по индикатору и выливают в коническую колбу. В колбу добавляют прокаленный хлористый кальций для обезвоживания мономера-сырца.

После сушки мономер-сырец перегоняют на установке для перегонки жидкостей с дефлегматором и отбирают фракцию с температурой кипения 95-101 °С. Во избежание полимеризации в ходе перегонки в мономер-сырец добавляют небольшое количество ингибитора - гидрохинона.



Отобранную фракцию мономера – метилметакрилата взвешивают и рассчитывают выход очищенного мономера по отношению к массе исходного полимера, взятого для деполимеризации.

У очищенного мономера определяют плотность и коэффициент рефракции; сравнивают полученные данные с литературными для чистого метилметакрилата и делают вывод о чистоте полученного продукта перегонки.

Задания:

1. Изобразить схему установки деполимеризации ПММА.
2. Привести схему реакции термической деполимеризации ПММА.
3. Указать основные свойства и области применения ПММА
4. Выполнить требуемые расчеты, определить выход мономера-сырца и выход очищенного мономера.
5. Определить плотность и коэффициент рефракции мономера-сырца и очищенного мономера и сделать выводы о чистоте продуктов.

### **Лабораторная работа № 13**

#### **Изучение свойств растворов поливинилового спирта**

Цель работы; установить зависимость вязкости растворов поливинилового спирта от концентрации и температуры, а также определить концентрацию раствора поливинилового спирта рефрактометрическим методом.

#### **Опыт 1. Определение вязкости концентрированных растворов поливинилового спирта методом падения шарика**

Реактивы и материалы: Растворы поливинилового спирта концентрацией 8, 10, 12, 15% по массе.

Посуда и приборы: установка для определения условной вязкости (штативы, в которых закреплены цилиндрические пробирки емкостью 20-25 мл), стальные шарики, секундомер.

Выполнение работы

Стеклянные пробирки, заполненные растворами поливинилового спирта (ПВС), имеют две метки .а расстоянии 15 см одна от другой. Поочередно в каждую из пробирок бросают стальной шарик и по секундомеру определяют время его падения от одной метки до другой. Для каждого раствора выполняют три измерения и берут среднее значение времени падения шарика. В данном опыте вязкость растворов полимеров условно характеризуется временем падения шарика (с).

**Задание.** Постройте график зависимости условной вязкости от концентрации растворов полимера.

#### **Опыт 2. Изучение зависимости вязкости концентрированных растворов полимеров от температуры**

Реактивы: 15% водный (по массе) раствор ПВС.

Посуда и приборы: цилиндрическая пробирка емкостью 20-25 мл, стальные шарики, секундомер, термометр, штатив, стакан на 1 л для термостатирования раствора ПВС.

Выполнение работы.

Пробирку с раствором ПВС помещают в стакан с горячей водой (раствор полимера по уровню должен быть полностью погружен в горячую воду, повода не должна попасть в пробирку) и определяют вязкость раствора и о времени падения шарика между метками при температурах 30, 40 и 50°C.

Раствор ПВС термостатируют при каждой заданной температуре в течение 10 мин. Определение условной вязкости в виде времени падения шарика проводят для каждой температуры три раза и берут среднее значение времени падения шарика.

**Задание:** постройте графическую зависимость изменения вязкости раствора данной концентрации от температуры.

#### **Опыт 3. Определение концентрации раствора с помощью рефрактометра**

Рефрактометрический метод анализа основан на зависимости показателя преломления света от состава системы. Такую зависимость устанавливают путем определения показателя преломления для ряда растворов с известной концентрацией. Предварительно по экспериментальным данным строят градуировочный график в координатах: концентрация раствора - показатель преломления; затем по градуировочному графику, зная показатель преломления раствора с неизвестной концентрацией, определяют его концентрацию.

Реактивы и материалы: растворы ПВС из опыта 2; раствор ПВС с неизвестной концентрацией - 10 мл, этиловый спирт (для протирки призмы рефрактометра).

Оборудование: рефрактометр, стеклянные палочки.

Выполнение работы.

С помощью рефрактометра определяют показатели преломления растворов поливинилового спирта с известными концентрациями.

Строят график зависимости показателя преломления от концентрации раствора.

Определяют показатель преломления раствора ПВС с неизвестной концентрацией ( $C_x$ ).

Измерение повторяют 3-4 раза.

С помощью калибровочного графика определяют концентрацию  $C_x$ , которая соответствует среднеарифметическому значению показателя преломления исследуемого раствора.

**Задания:**

1. Постройте калибровочный график зависимости концентрации от показателя преломления для растворов ПВС.
2. Определите концентрацию анализируемого раствора ПВС.

## 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 правилах работы с веществами и приборами
		Высокий – отлично	а) работа выполнена полно, правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; 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).
	Коллоквиум	Низкий – неудовлетворительно	- незнание программного материала; - при ответе возникают ошибки; - затруднения при выполнении практических работ.
		Пороговый – удовлетворительно	- усвоение основного материала; - при ответе допускаются неточности; - при ответе недостаточно правильные формулировки; - нарушение последовательности в изложении программного материала; - затруднения в выполнении практиче-

			ских заданий.
		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
Реферат		Низкий – неудовлетворительно	тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.
		Пороговый – удовлетворительно	имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.
		Базовый – хорошо	основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.
		Высокий – отлично	выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.
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)	
ОПК-2	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 правилах работы с веществами и приборами
		Высокий – отлично	а) работа выполнена полно, правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; 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).
ПК-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 правилах работы с веществами и приборами
		Высокий – отлично	а) работа выполнена полно, правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; 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).
	Коллоквиум	Низкий – неудовлетворительно	- незнание программного материала; - при ответе возникают ошибки; - затруднения при выполнении практических работ.
		Пороговый – удовлетворительно	- усвоение основного материала; - при ответе допускаются неточности; - при ответе недостаточно правильные формулировки; - нарушение последовательности в изложении программного материала; - затруднения в выполнении практических заданий.
		Базовый – хорошо	- знание программного материала; - грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос; - правильное применение теоретических знаний; - владение необходимыми навыками при выполнении и практических задач.
		Высокий – отлично	- глубокое и прочное усвоение программного материала; - полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания; - свободно справляющиеся с поставленными задачами, знания материала; - правильно обоснованные принятые решения; - владение разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ.

	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.  Подсчитывается процент правильно выполненных заданий теста, после чего этот процент переводится в оценку, руководствуясь указанными критериями оценивания.
		Пороговый – 61-75 баллов (удовлетворительно)	
		Базовый – 76-84 баллов (хорошо)	

## 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. Полно 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 ошибка или более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов, которые легко исправляются по замечанию экзаменатора.

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

1. Неполно 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.

**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**

#### **ВОПРОСЫ К КОЛЛОКВИУМУ**

##### **Тема: Синтез полимеров**

1. Синтез ВМС. Общая характеристика процесса полимеризации. Термодинамика полимеризации.
2. Радикальная полимеризация: инициирование, рост цепи, обрыв цепи, передача цепи. Примеры.
3. Радикальная полимеризация: кинетика, молекулярно-массовое распределение. Влияние условий полимеризации.
4. Радикальная сополимеризация.
5. Катионная полимеризация. Основные стадии.
6. Кинетика катионной полимеризации. Влияние условий на процесс полимеризации.
7. Анионная полимеризация. Основные стадии.
8. Кинетика анионной полимеризации. Влияние условий на процесс полимеризации.
9. Координационно-ионная полимеризация. Полимеризация на катализаторах Циглера-Натта.
10. Получение гетероцепных полимеров полимеризацией карбонилсодержащих соединений. Полимеризация с раскрытием цикла.
11. Способы проведения полимеризации.
12. Синтез ВМС. Общая характеристика процесса поликонденсации. Классификация реакций поликонденсации. Основные отличия процесса полимеризации от процесса поликонденсации.
13. Термодинамика и кинетика поликонденсации. Равновесная поликонденсация.
14. Способы проведения поликонденсации.

##### **Тема: Растворы высокомолекулярных соединений**

1. Термодинамический критерий растворимости и доказательство термодинамической равновесности растворов. Энтальпия и энтропия смешения. Теория Флори-Хаггинса. Ограниченная растворимость. Фазовые диаграммы систем полимер-растворитель.
2. Критические температуры растворения. Явления расслаивания. Зависимость растворимости от молекулярной массы. Физико-химические основы фракционирования молекул.
3. Неограниченное и ограниченное набухание.
4. Поведение макромолекул в растворе и его особенности по сравнению с поведением низкомолекулярных веществ. Определение молекулярной массы по осмотическому давлению растворов макромолекул. Отклонения как метод определения среднечисловых молекулярных масс. Рассеяние электромагнитных волн растворами макромолекул и его особенности по сравнению с растворами низкомолекулярных веществ.
5. Гидродинамические свойства макромолекул в растворе и их особенности по сравнению с растворами низкомолекулярных веществ. Вязкость разбавленных растворов. Приведенная и характеристическая вязкости. Связь характеристической вязкости с молекулярной массой и со средними размерами макромолекул. Вискозиметрия как метод определения средневязкостной молекулярной массы.
6. Диффузия макромолекул в растворах. Диффузия макромолекул в пористые тела. Гельпроникающая хроматография макромолекул.

7. Седиментация макромолекул. Константа седиментации. Определение молекулярных масс методами ультрацентрифугирования.

8. Растворы полиэлектролитов. Поликислоты, полиоснования, полиамфолиты. Свойства растворов полиэлектролитов. Применение полиэлектролитов.

9. Концентрированные растворы, гели, коллоидные дисперсии полимеров. Переход от разбавленных растворов макромолекул к концентрированным. Ассоциация макромолекул в концентрированных растворах и структурообразование. Структура концентрированных растворов и гелей. Особенности течения концентрированных растворов. Механические свойства гелей их структурная интерпретация. Сходство и различие между концентрированными растворами и гелями.

10. Жидкокристаллическое состояние полимеров.

11. Разновидности коллоидных дисперсий полимеров и факторы, обуславливающие их стабилизацию. Латексы и их применение.

### Учебные задачи

#### Тема: Синтез полимеров

1. Рассчитайте степень поликонденсации новолачной фенолформальдегидной смолы, если средняя молекулярная масса  $M = 648$ .

2. Какая получается смола: резольная или новолачная, если для поликонденсации израсходовано 15 кг фенола и 7,5 л формалина (содержание  $\text{CH}_2\text{O}$  в формалине 40 г в 100 мл).

3. При образовании новолака выделяется 0,6 кг воды и 36 кДж теплоты из расчета на 1 кг прореагировавшего фенола. Определите выделившуюся теплоту и массу воды, если для получения новолака израсходовано 200 кг формалина, а соотношения фенола и формальдегида 7:6. Массовая доля формальдегида в 0,37.

4. Клей БФ-5, представляющий собой спиртовой раствор резольной фенолформальдегидной смолы и поливинилбутираля, применяется в качестве связующего в производстве стеклотекстолита. Рассчитайте массы компонентов для получения 500 кг клея состава (в масс, долях): поливинилбутираль 26; фенолформальдегидная смола 7; этанол 240 ( $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ ).

5. Определите объемы этилена и кислорода ( $\text{м}^3$ , н.у.), необходимые для обеспечения непрерывной работы в течение 20 дней потока по производству полиэтилена «ВД» мощностью 50 тыс. т в год (по полимеру). Суммарная степень конверсии этилена 0,96, а концентрация кислорода 0,005% (от объема мономера). (Ответ:  $2283 \cdot 10^3 \text{ м}^3$  этилена;  $11416 \text{ м}^3$  кислорода)

6. В качестве инициатора полимеризации винилхлорида эмульсионным способом используется 1,2%-ный водный раствор персульфата калия, загрузка которого в автоклав составляет 1,5% от массы мономера. Рассчитайте массу персульфата калия, введенного в полимеризатор, производительность которого 625 кг/ч (в расчете на полимер). Продолжительность процесса 20 ч, а конверсия винилхлорида составила 92% (по массе).

7. Рецепт эмульсионной периодической полимеризации винилхлорида следующий: водная фаза  $3,7 \text{ м}^3$ , винилхлорид  $4,2 \text{ м}^3$  ( $\rho = 969,2 \text{ кг/м}^3$ ), инициатор (40%-ный раствор  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 18 кг, эмульгатор 182 кг. Вычислите выход полимера, если через 20 ч полимеризации и удаления незаполимеризовавшегося винилхлорида на коагуляцию подано 7767,1 кг латекса.

8. Сколько взято для полимеризации эмульсионным методом винилхлорида и водной фазы, если объем автоклава  $25 \text{ м}^3$ , а коэффициент его заполнения 0,9. Латекс, выходящий из полимеризатора, имеет плотность  $1150 \text{ кг/м}^3$  и содержит 0,42 массовые доли поливинилхлорида. Конверсия мономера 92%.

9. Рассчитайте расход ( $\text{м}^3$ , н.у.) винилхлорида для получения 15 т полимера суспензионным методом, если выход поливинилхлорида, содержащего 3% примесей (по массе), составил 95%.

10. Плиты из пенопласта ПХВ-1 широко используются для термо- и звукоизоляции. Рассчитайте массу компонентов, необходимых для производства 200 пенопластовых плит ПХВ-1, израсходованных для термоизоляции одного авторефрижератора. Рецептатура пе-

нопласта ПВХ-1 (масс, доли): поливинилхлорида 100; метилметакрилата 25; карбоната аммония 15. Размеры плит 0,5x0,5x0,05 м, а их объемная масса 70 кг/м<sup>3</sup>.

11. При составлении рецептуры пленочного ПВХ пластиката исходят из того, что 1 моль пластификатора должен приходиться на 15 мономерных звеньев ПВХ. Рассчитайте теоретические массы полимера и диоктилфталата (пластификатора), необходимые для получения 20 т пластиката. Средняя молекулярная масса поливинилхлорида 18750.

12. Дайте определения понятий «мономер», «димер», «олигомер», «полимер», «элементарное звено», «степень полимеризации».

13. Приведите классификацию механизмов реакций полимеризации. Сформулируйте понятия «ступенчатая полимеризация», «цепная полимеризация», «сополимеризация», «поликонденсация». В результате каких из этих процессов образуются высокомолекулярные соединения?

14. Составьте схему ступенчатой полимеризации трех молекул пропилена. Назовите продукт реакции согласно номенклатуре ИУРАС.

15. Изооктан (2,2,3-триметилпентан) получают димеризацией изобутилена в присутствии 60%-го раствора серной кислоты с последующим гидрированием. Напишите уравнения реакций.

16. Реакция димеризации изобутилена при нагревании в присутствии 60%-го раствора серной кислоты впервые была осуществлена А.М. Бутлеровым. Полученный димер являлся смесью двух изомеров: 2,4,4-триметилпентана-1 и 2,4,4-триметилпентана-2. Объясните образование этих продуктов исходя из механизма реакции.

17. Составьте схему реакции полимеризации пропилена. Сколько граммов полипропилена теоретически можно получить из 44,8 л исходного вещества?

18. Рассмотрите схему обрыва цепи при полимеризации полиэтилена в результате диспропорционирования и рекомбинации.

19. Приведите трехстадийный механизм радикальной реакции цепной полимеризации пропилена в присутствии перекиси бензоила.

20. Рассмотрите механизм цепной полимеризации бутена-1 в присутствии перекиси ацетила  $\text{CH}_3\text{—C(O)—O—O—C(O)—CH}_3$ .

21. Отметьте различия между ионной и радикальной цепной полимеризацией. Какие катализаторы применяют при катионной и анионной полимеризации? Напишите схему цепной полимеризации следующих соединений:

- а) стирол  $\text{CH}_2=\text{CH—C}_6\text{H}_5$ ;
- б) изобутилен;
- в) акрилонитрил  $\text{CH}_2=\text{CH—CN}$ ;
- г) метилакрилат  $\text{CH}_2=\text{CH—COOCH}_3$ ;
- д) окись этилена.

Приведите механизм катионной полимеризации стирола и акрилонитрила в присутствии соответствующих катализаторов.

22. Расположите в порядке снижения легкости цепной полимеризации следующие алкены: пропилен, этилен, бутен-2, изобутилен, бутен-1, тетраметилэтилен. Дайте объяснения. Рассмотрите реакцию катионной полимеризации изобутилена и бутена-1 в присутствии хлорида алюминия и сокатализатора хлороводорода.

23. По какому механизму протекает цепная полимеризация пропилена в присутствии амида натрия? Составьте схему реакции, объясните ее механизм.

### Примеры тестовых заданий

#### Тесты по теме: «Синтез полимеров»

1. Для получения синтетических полимеров используются реакции...

Варианты ответов:	1. полимеризации и изомеризации
	2. поликонденсации и гидролиза
	3. полимеризации и поликонденсации

4.полимеризации и этерификации
--------------------------------

2. В качестве низкомолекулярного вещества в реакциях поликонденсации чаще всего образуется...

Варианты ответов:	1.NaCl
	2.H <sub>2</sub> O
	3.H <sub>2</sub> S
	4.CO <sub>2</sub>

3. Вещества, вызывающие протекание реакции полимеризации, называются...

Варианты ответов:	1.инициаторы
	2.индикаторы
	3.ингибиторы
	4.пластификаторы

4. Синтетические волокна, в основном, получают реакцией...

Варианты ответов:	1.теломеризации
	2.сополимеризации
	3.химической модификации
	4.поликонденсации

5. Синтетический каучук получают полимеризацией...

Варианты ответов:	1.метилакрилата
	2.стирола
	3.бутадиена-1,3
	4.акрилонитрила

6. Реагентом, который применяется для вулканизации каучука, является...

Варианты ответов:	1.мел
	2.графит
	3.сажа
	4.сера

7. Реакцией поликонденсации можно получить...

Варианты ответов:	1.найлон
	2.полистирол
	3.тефлон
	4.полинитрил

8. Реакция синтеза полимеров из соединений, содержащих две или более функциональные группы, сопровождающаяся образованием низкомолекулярного продукта, называется...

Варианты ответов:	1.поликонденсацией
	2.димеризацией
	3.сополимеризацией
	4.деполимеризацией

9. Процесс образования полимеров путём последовательного присоединения молекул мономера называется реакцией...

Варианты ответов:	1.полимеризации
	2.полипептизации
	3.поликонденсации
	4.полиэтерификации

10. Полистирол получают в результате...

Варианты ответов:	1. полимеризации винилбензола
	2.изомеризации стирола
	3.поликонденсации стирола
	4.полимеризацией стирального порошка

11. Получение ацетатного шёлка из целлюлозы возможно благодаря наличию в ней...

Варианты ответов:	1.циклических фрагментов
	2.метиленовых групп
	3.гидроксильных групп
	4.альдегидных групп

12. Получение полиэтилена осуществляется по реакции...

Варианты ответов:	1. $n\text{CH}_2=\underset{\text{CN}}{\text{C}}\text{H}\rightarrow-\underset{\text{CN}}{(\text{CH}_2-\underset{\text{I}}{\text{C}}\text{H})}_n-$
	2. $n\text{CH}_2=\underset{\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_6\text{H}_5}{\text{C}}\text{H}\rightarrow-\underset{\text{I}}{(\text{CH}_2-\underset{\text{I}}{\text{C}}\text{H})}_n-$
	3. $n\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3\text{CH}_3}{\text{C}}\text{H}\rightarrow-\underset{\text{I}}{(\text{CH}_2-\underset{\text{I}}{\text{C}}\text{H})}_n-$
	4. $n\text{CH}_2=\text{CH}_2\rightarrow-(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n-$

13. Основную массу промышленно важных полимеров получают реакцией...

Варианты ответов:	1.поликонденсации
	2.сополимеризации
	3.вулканизации
	4.полимеризации

14. Особенностью реакции полимеризации, отличающей её от поликонденсации, является...

Варианты ответов:	1.отсутствие разветвлённых структур
	2.образование побочных низкомолекулярных продуктов
	3.отсутствие побочных низкомолекулярных продуктов
	4.образование разветвлённых структур

15. Первая стадия полимеризации, на которой происходит образование активных центров, называется...

Варианты ответов:	1.конденсация
	2.рацемизация
	3.иницирование
	4.ингибирование

16. Сырьём для получения искусственных волокон является...

Варианты ответов:	1.целлюлоза
	2.каучук
	3.крахмал
	4.стирол

17. Для получения синтетического каучука по Лебедеву в качестве исходного вещества используется...

Варианты ответов:	1.пропиловый спирт
	2.бутиловый спирт
	3.этиловый спирт
	4.метиловый спирт

18. Для получения синтетических полимеров используются реакции...

Варианты ответов:	1.поликонденсации и гидролиза
	2.полимеризации и поликонденсации
	3.полимеризации и изомеризации
	4.полимеризации и этерификации

19. Процесс образования полимеров путём последовательного присоединения молекул мономера называется реакцией...

Варианты ответов:	1.полипептизации
	2.полимеризации
	3.полиэтерификации
	4.поликонденсации

**Тема: «Классификация полимеров»**

1. К природным биополимерам относится...

Варианты ответов:	1.мальтоза
	2.найлон
	3.крахмал
	4.тефлон

2. К природным полимерам относятся...

Варианты ответов:	1.нуклеиновые кислоты
	2.витамины
	3.жиры
	4.гормоны

3. К синтетическим органическим полимерам относится...

Варианты ответов:	1.протеин
	2.крахмал
	3.целлюлоза
	4.тефлон

4. Неорганическим полимером является...

Варианты ответов:	1. сульфид серебра
	2.оксид натрия
	3.полиэтилен
	4.оксид кремния.

5. Фенолформальдегидная смола относится к \_\_\_\_\_ полимерам.

Варианты ответов:	1.синтетическим неорганическим
	2.природным органическим
	3.синтетическим органическим
	4.природным неорганическим

6. Природные полимеры крахмал и целлюлоза построены из остатков...

Варианты ответов:	1.глюкозы
	2.сахарозы
	3.фруктозы
	4.лактозы

7. Полимер, которому соответствует формула  $(-CF_2-CF_2-)_n$ , называется...

Варианты ответов:	1.фторопласт
	2.фтороуглерод
	3.дифторметан
	4.фторэтан

8. Полимерные волокна, образующиеся в результате жизнедеятельности растительных и животных организмов, называются...

Варианты ответов:	1.натуральными
	2.синтетическими
	3.искусственными

4.химическими
---------------

9. Полимеры, образующиеся в результате сшивки цепей при вулканизации и при получении терморезистивных смол, называются...

Варианты ответов:	1.термопластичными
	2.стереорегулярными
	3.сетчатыми
	4.разветвлёнными

**Тема: «Строение и свойства полимеров»**

1. Основой синтетического волокна капрон является остаток...

Варианты ответов:	1.аминокапроновой кислоты
	2.оксиапроновой кислоты
	3.ангидрида капроновой кислоты
	4.эфира капроновой кислоты

2. Для полимеров с сетчатой структурой характерно уменьшение...

Варианты ответов:	1.стереорегулярности
	2.эластичности
	3.степени полимеризации
	4.прочности

3. В качестве мономеров в реакциях полимеризации используются соединения, содержащие...

Варианты ответов:	1.карбокисильные группы
	2.водородные связи
	3.ОН-группы
	4.кратные связи

4. В качестве наполнителей полимеров чаще всего применяются...

Варианты ответов:	1.мел и гидроксид калия
	2.графит и металл
	3.хлорид натрия и сажа
	4.сульфат магния и соль

5. Механическую прочность полимеров можно повысить путём добавления в них веществ, которые называются...

Варианты ответов:	1.наполнители
	2.ингибиторы
	3.катализаторы
	4.антиоксиданты

6. Молекулы полимеров, состоящие из множества повторяющихся звеньев, называются...

Варианты ответов:	1.супрамолекулами
	2.макромолекулами
	3.фибриллами
	4.мицеллами

7. К карбоцепным полимерам, цепь которых состоит только из атомов углерода, относится...

Варианты ответов:	1.полипропилен
	2.капрон
	3.наилон
	4.крахмал

8. Натуральный каучук представляет собой полимер, мономером которого является...

Варианты ответов:	1.изопрен
	2.дивинил

3.стирол
4.пропен

9. Неорганической кислотой, имеющей полимерное строение, является...

Варианты ответов:	1.кремниевая
	2.хлорная
	3.сернистая
	4.угольная

10. Полимер, не обладающий термопластическими свойствами, т.е. способностью размягчаться при нагревании и затвердевать при охлаждении без химических превращений, называется...

Варианты ответов:	1.термонасыщенным
	2.термостатическим
	3.термореактивным
	4.терморегулярным

11. Структурное звено  $-\text{CH}_2-\text{CH}-$  содержится в макромолекулах...

I  
 $\text{CH}_3$

Варианты ответов:	1.полистирола
	2.полиуретана
	3.полиэтилена
	4.полипропилена

12. Структурное звено  $-\text{CH}_2-\text{CH}-$  содержится в макромолекулах...

I  
 $\text{C}_6\text{H}_5$

Варианты ответов:	1.полистирола
	2.полифенола
	3.полибензола
	4.полиэтилбензола

13. Макромолекулы вулканизированного каучука, в отличие от натурального, имеют ...структуру.

Варианты ответов:	1.сетчатую
	2.регулярную
	3.линейную
	4.разветвлённую

14. Ацетатный шёлк является сложным эфиром целлюлозы и ...кислоты.

Варианты ответов:	1.азотной
	2.угольной
	3.уксусной
	4.муравьиной

15. Для большинства полимеров при обычных условиях характерно ...состояние.

Варианты ответов:	1.жидкое
	2.газообразное
	3.кристаллическое
	4.аморфное

16. Разрушение полимеров под воздействием физико-химических факторов называется...

Варианты ответов:	1.девулканизация
	2.дестабилизация
	3.деструкция



4. десорбция

17. Кристаллические полимеры, в отличие от аморфных, обладают...

Варианты ответов:	1. интервалом температуры размягчения
	2. температурой плавления, зависящей от нагревателя
	3. определённым значением температуры плавления
	4. неопределённым значением температуры плавления

18. Кристаллическое состояние характерно для полимеров, обладающих \_\_\_\_\_ структурой.

Варианты ответов:	1. неупорядоченной
	2. стереорегулярной
	3. аморфной
	4. разветвлённой

19. Число мономерных звеньев, образующих макромолекулу полимера, называется степенью...

Варианты ответов:	1. упорядоченности
	2. стереорегулярности
	3. кристалличности
	4. полимеризации

20. Низкомолекулярное вещество, последовательным присоединением молекул которого образуется макромолекула полимера, называется...

Варианты ответов:	1. олигомером
	2. мономером
	3. димером
	4. элементарным звеном

21. Большинство полимеров проявляют свойства...

Варианты ответов:	1. диэлектриков
	2. проводников
	3. сверхпроводников
	4. полупроводников

### Комплект заданий для контрольной работы

#### Контрольная работа № 1

##### Вариант 1

1. Написать поэтапно реакцию полимеризации мономера винилацетата в присутствии инициатора персульфата калия  $K_2S_2O_8$ .

2. Написать поэтапно реакцию полимеризации мономера  $\square$ -метилстирола в присутствии катализатора  $BF_3$ .

##### Вариант 2

1. Написать схемы возможных реакций получения полиамидов с различными мономерами.

2. Написать реакцию поликонденсации мономера А с мономером В (молярное соотношение мономеров 1:1):

мономер А		мономер В	
название	структурная формула	название	структурная формула
пентандиол-1,5	$HO - (CH_2)_5 - OH$	малоновая кислота	$HOOC - CH_2 - COOH$

##### Вариант 3

1. Дайте понятие средней молекулярной массы полимера. Сравните массу полимера и низкомолекулярного вещества.

2. Как влияет на физико-химические свойства высокомолекулярных веществ средняя молекулярная масса образца?
3. Напишите уравнение реакции полимеризации (с учетом механизма) акрилонитрила в присутствии гидропероксида кумила.

#### Вариант 4

1. Дайте понятие молекулярно-массовому распределению (ММР) в полимере. Нарисуйте график ММР образца.
2. Как влияют на физико-химические свойства высокомолекулярных веществ молекулярно-массовое распределение в образце?
3. Напишите уравнение реакции полимеризации (с учетом механизма) хлоропрена в присутствии пероксида бензоила.

#### Вариант 5

1. Как влияют на физико-химические свойства высокомолекулярных веществ форма молекулы и ее гибкость.
2. Напишите уравнение реакции полимеризации (с учетом механизма) стирола.
3. Рассмотрите все возможные способы обрыва цепи при полимеризации стирола в присутствии бензохинона.

#### Вариант 6

1. Рассчитайте среднечисловое значение молекулярной массы для образца, состоящего из  $2N$  молекул с  $m=2$ ,  $N$  молекул с  $m=5$ ,  $5N$  молекул с  $m=7$ ,  $N$  молекул с  $m=8$  и  $4N$  молекул с  $m=10$ .
2. Напишите уравнение реакции полимеризации (с учетом механизма) винилацетата.
3. Напишите уравнения реакций передачи цепи при полимеризации винилацетата на следующие растворители: гексан, бензол, изопропилбензол, пропанол, йодистый бутил, н-бутилмеркаптан.

#### Вариант 7

1. Рассчитайте среднемассовое значение молекулярной массы для образца, состоящего из  $2N$  молекул с  $m=2$ ,  $N$  молекул с  $m=5$ ,  $5N$  молекул с  $m=7$ ,  $N$  молекул с  $m=8$  и  $4N$  молекул с  $m=10$ .  
 $N$  – некоторое число, показывающее соотношение частиц в образце.
2. Какую природу имеет активный центр при полимеризации виниловых мономеров в присутствии иницирующей смеси  $\text{Fe}^{+2} + \text{H}_2\text{O}_2$ :  
а) катион, б) анион, в) свободный радикал, г) полимеризация не инициируется.
3. Дайте определение следующим понятиям: мономер, полимер, структурное звено, степень полимеризации. Приведите примеры.

### Контрольная работа №2

#### «Химические свойства макромолекул. Структура и физико-механические свойства полимерных тел»

##### Вариант 1

1. Особенности химических реакций полимеров. Сравнение с реакциями низкомолекулярных соединений.
2. Физические и фазовые состояния полимеров. Фазовые переходы. Влияет ли химическое строение, молекулярная масса и конфигурация молекул на характер термомеханической кривой?
3. Какие вещества используются как отвердители? Каков механизм их действия?

##### Вариант 2

1. Внутримолекулярные превращения. Классификация, специфика, примеры.
2. Характеристика стеклообразного состояния. Температура стеклования. Физические свойства полимера в стеклообразном состоянии.
3. Расщепление полимерных цепей под влиянием химических и физических воздействий.

##### Вариант 3

1. Полимераналогичные превращения. Классификация, специфика, примеры.

2. Характеристика высокоэластичного состояния. Высокоэластическая деформация. Релаксационная природа высокоэластичности. Ползучесть полимеров.
3. Гидролитическая и окислительная деструкции.

#### **Вариант 4**

1. Реакции сшивания. Классификация, специфика, примеры.
2. Характеристика высокоэластичного состояния. Температура текучести. Реологические свойства полимеров в текучем состоянии.
3. Кристаллические полимеры. Условия, необходимые для кристаллизации полимеров.

#### **Вариант 5**

1. Вулканизация каучуков. Механизм. Вулканизирующие агенты. Управление процессом вулканизации.
2. Аморфная и кристаллическая структура полимеров. Механизм кристаллизации. Степень кристалличности. Влияние структуры полимера и напряжения на процесс кристаллизации.
3. Процесс отверждения. Механизм. Отвердители. Точка гелеобразования. Период жизнеспособности.

### **Отчёт по лабораторной работе**

#### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1**

#### **ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИСТИРОЛА МЕТОДОМ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ**

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы реакций полимеризации (без инициатора, в присутствии инициатора), выводы.

#### **Контрольные вопросы**

1. Охарактеризуйте процесс радикальной цепной полимеризации. Какие соединения используются в качестве мономеров цепной полимеризации? Приведите примеры.
2. Перечислите способы инициирования радикальной полимеризации. Приведите схемы инициирования.
3. Каковы основные стадии цепной полимеризации?
4. Какие факторы влияют на скорость цепной полимеризации и молекулярную массу образующегося полимера?
5. Какие технические способы проведения радикальной полимеризации вы знаете? Каковы их достоинства и недостатки?

#### **Задания**

1. Приведите схемы всех трёх стадий реакции полимеризации стирола (1-3 опыт).
2. Опишите состав реакционной смеси при проведении радикальной цепной полимеризации.
3. Сделайте выводы о том, как можно регулировать скорость реакции радикальной цепной полимеризации.

#### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2**

#### **ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА**

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схему реакции полимеризации, расчёт выхода полимера, выводы.

#### **Контрольные вопросы**

1. Какие реакции называются реакциями полимеризации.
2. Приведите примеры анионной полимеризации. Рассмотрите механизм.
3. Чем отличается цепная полимеризация от ступенчатой?
4. Рассмотрите механизм координационной полимеризации. Каковы её преимущества?
5. Запишите схему реакции полимеризации метилметакрилата.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3  
ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ МЕТОДОМ ПОЛИКОНДЕНСАЦИИ  
(Мочевинформальдегидные смолы)

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схему реакции поликонденсации, расчёты мольного соотношения реагентов, выводы.

**Контрольные вопросы**

1. Какие мономеры вступают в реакцию поликонденсации? Приведите примеры.
2. Приведите примеры гомо- и гетерополиконденсации. Рассмотрите механизм.
3. Рассмотрите закономерности протекания равновесной и неравновесной поликонденсации.
4. Охарактеризуйте свойства термопластичных и терморезистивных смол.
5. Почему при конденсации мочевины с формальдегидом возможно образование трёхмерного полимера?

**Задания**

1. Рассчитайте мольное соотношение исходных реагентов в первом и втором опытах.
2. Приведите схемы взаимодействия мочевины с формальдегидом. Какова роль щавелевой кислоты?
3. Объясните различную растворимость полимера, полученного в разных условиях.
4. Докажите, что в третьем опыте полимер получился терморезистивным.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4  
ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ МЕТОДОМ ПОЛИКОНДЕНСАЦИИ  
(Феноло-, анилиноформальдегидные и алкидные смолы)

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы реакций поликонденсации, расчёты мольного соотношения реагентов, выводы.

**Контрольные вопросы**

1. Назовите физические свойства фенолоформальдегидных смол.
2. Приведите примеры использования фенолоформальдегидных смол.
3. Назовите физические свойства алкидных смол.
4. Приведите примеры использования алкидных смол.

**Задания**

1. Напишите схему реакции поликонденсации резорцина с формальдегидом.
2. Напишите схему реакции поликонденсации анилина с формальдегидом.
3. Назовите физические свойства анилиноформальдегидных смол.
4. Приведите примеры использования анилиноформальдегидных смол.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5  
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛОКОН

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, ответы на задания, выводы.

**Контрольные вопросы**

1. Рассмотрите классификацию волокон
2. Каковы формулы полимеров, входящих в состав хлопка, эфироселлюлозных волокон, капрона?

**Задания**

1. Как влияет концентрированная серная кислота на волокна: вискозное, ацетатное, капрон, лавсан, нитрон?
2. Как влияет концентрированная азотная кислота на шерсть, натуральный шелк, капрон, хлопок?
3. Какова формула волокнообразующих полимеров, используемых в данном опыте?

4. Как влияют окислители на волокна различного происхождения? Произвести сравнение устойчивости различных по природе волокон.
5. Какова формула реактива Швейцера? Как он влияет на хлопок?
6. Для какого из эфирцеллюлозных волокон ацетон является растворителем?

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6 РАСПОЗНАВАНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы реакций, заполненную таблицу «Разделение волокон на группы по растворимости», выводы.

##### Контрольные вопросы

1. Что общего в химических свойствах целлюлозных (природных и искусственных) и белковых волокон и в чем их различия?

##### Задания

1. Запишите формулы волокнообразующих полимеров, на основе которых получены идентифицированные Вами волокна.
2. По результатам проделанной работы заполните таблицу «Разделение волокон на группы по растворимости».

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7 ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы реакций, расчёт количества дегидрохлорированных звеньев, выводы.

##### Контрольные вопросы

1. Какие реакции называются внутримолекулярными? Приведите примеры.
2. Где применяются внутримолекулярные реакции?
3. Механизм термической деструкции. Устойчивость полимеров к термической деструкции.
4. Какие превращения претерпевает поливинилхлорид при термической деструкции?

##### Задания

1. Рассчитайте количество хлористого водорода, выделившегося из навески поливинилхлорида, и количество дегидрохлорированных звеньев.
2. Напишите схему дегидрохлорирования поливинилхлорида.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8 ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА ЩЕЛОЧНЫМ ГИДРОЛИЗОМ ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТА

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы реакций, схему установки, необходимые расчёты, выводы.

##### Контрольные вопросы

1. Какие реакции называются внутримолекулярными? Приведите примеры.
2. Где применяются внутримолекулярные реакции?

##### Задания

1. Нарисовать схему установки.
2. Привести схему реакции щелочного гидролиза поливинилацетата.
3. Указать основные свойства и области применения поливинилового спирта.
4. Выполнить требуемые расчеты, определить выход продукта и сделать выводы по результатам работы.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9 ТЕРМИЧЕСКАЯ ДЕПОЛИМЕРИЗАЦИЯ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схему установки деполимеризации, расчёты выхода продуктов, выводы.

##### Контрольные вопросы

1. Приведите схему реакции деполимеризации.
2. Какие побочные продукты образуются при деполимеризации?

#### **Задания**

1. Изобразить схему установки деполимеризации ПММА.
2. Привести схему реакции термической деполимеризации ПММА.
3. Указать основные свойства и области применения ПММА
4. Выполнить требуемые расчеты, определить выход мономера-сырца и выход очищенного мономера.
5. Определить плотность и коэффициент рефракции мономера-сырца и очищенного мономера и сделать выводы о чистоте продуктов.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10**

#### **ПОЛИМЕРАНАЛОГИЧНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы реакций, выводы.

#### **Контрольные вопросы**

1. Напишите схему реакции образования целлюлозы, используя формулы Хеуорса.
2. Охарактеризуйте физические свойства целлюлозы. Почему она, не смотря на наличие полярных гидроксильных групп, не растворима в воде и спирте?
3. Как получают регенерированную целлюлозу?
4. Приведите примеры простых и сложных эфиров целлюлозы. Охарактеризуйте их свойства и области применения.

#### **Задания**

1. Напишите схему реакции получения нитратов целлюлозы.
2. Укажите способы регулирования степени нитрования целлюлозы.
3. Каковы основные отличия нитратов целлюлозы от исходной целлюлозы? Каково их практическое значение?
4. Напишите схемы реакций получения ацетатов целлюлозы. Как изменяются их свойства в зависимости от степени замещения гидроксильных групп?
5. Каковы основные отличия ацетатов целлюлозы от исходной целлюлозы? Каково их практическое значение?
6. Напишите схему реакции получения медно-аммиачного шёлка.
7. Укажите основные отличия медно-аммиачного шёлка от исходной целлюлозы.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 11**

#### **ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ**

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы реакций, расчёт эпоксидного числа смолы и количества отвердителя, выводы.

#### **Контрольные вопросы**

1. Какие реакции называются межмолекулярными? Приведите примеры.
2. Что называют эпоксидными смолами? Приведите примеры. Назовите области применения эпоксидных смол.
3. Дайте определение понятиям «эпоксидная группа» и «эпоксидное число». Какая химическая реакция лежит в основе определения эпоксидного числа? Напишите её схему.
4. Охарактеризуйте процесс отверждения эпоксидной смолы. Какие соединения могут выступать в роли отвердителя? Приведите схемы превращений при отверждении ангидридами дикарбоновых кислот.

#### **Задания**

1. Рассчитайте эпоксидное число как среднее арифметическое результатов двух титрований.
2. Рассчитайте количество этилендиамина и мета-фенилендиамина для отверждения 1 г эпоксидной смолы.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 12**

#### **ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ РАСТВОРОВ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА**

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, схемы реакций, выводы.

#### **Контрольные вопросы**

1. На чём основан принцип действия рефрактометра?
2. Как измеряется вязкость растворов?

#### **Задания**

1. Постройте графическую зависимость изменения вязкости раствора данной концентрации от температуры.
2. Постройте калибровочный график зависимости концентрации от показателя преломления для растворов ПВС.
3. Определите концентрацию анализируемого раствора ПВС.

#### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 13**

#### **ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ РАСТВОРОВ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

**Форма отчета.** Отчет должен содержать название, цель работы, описание хода работы, заполненную таблицу «Растворители и осадители полимеров», выводы.

#### **Контрольные вопросы**

1. Особенности процесса растворения полимеров. Набухание. Неограниченное и ограниченное набухание. Примеры.
2. Степень набухания. Что характеризует эта величина?
3. Кинетика набухания. Скорость набухания. Использование кинетических зависимостей для качественной характеристики свойств полимера.

#### **Задания**

1. По результатам измерений постройте кинетические кривые набухания целлюлозы в координатах: *высота - время набухания*. Сравните скорость набухания целлюлозы в растворе гидроксида натрия и воде. Можете ли вы по характеру кривых судить ограниченное или неограниченное набухание происходит?

2. Рассчитайте относительное объемное число набухания (О.Ч.Н.) в растворе гидроксида натрия и воде по формуле:

$$\text{О.Ч.Н.} = h_{\text{нас}} / h_0$$

3. Сделайте выводы о качестве растворителей.

4. Определите степень набухания целлюлозы как отношение массы поглощенной полимером жидкости к массе исходного полимера.

#### **Темы рефератов**

1. Полиэлектролиты, их свойства и применение.
2. Жидкокристаллическое состояние полимеров.
3. Электрические свойства полимеров.
4. Современные тенденции и новые направления в науке о полимерах.
5. Композиционные полимерные материалы.
6. Синтетические клеи, получение, свойства, применение.
7. Синтетические волокна. Способы формования, свойства, применение.
8. Коллоидные дисперсии полимеров.
9. Сополимеры и их свойства.
10. Основные этапы развития науки о высокомолекулярных соединениях.
11. Применение высокомолекулярных соединений в медицине.
12. Применение высокомолекулярных соединений в строительстве.

#### **Вопросы к экзамену**

1. Предмет, задачи, содержание и значение курса химии ВМС. Основные исторические этапы ее развития. Вклад русских и советских ученых в зарождение и развитие науки о полимерах.

2. Классификация и номенклатура полимеров. Основные отличия ВМС от НМС.

3. Молекулярно-массовые характеристики (средняя молекулярная масса). Молекулярно-массовые характеристики (молекулярно-массовое распределение).
4. Конфигурация полимеров.
5. Конформация полимеров.
6. Гибкость макромолекул. Размеры и форма макромолекул.
7. Синтез ВМС. Общая характеристика процесса полимеризации. Термодинамика полимеризации.
8. Радикальная полимеризация: инициирование, рост цепи, обрыв цепи, передача цепи. Примеры.
9. Радикальная полимеризация: кинетика, молекулярно-массовое распределение. Влияние условий полимеризации.
10. Радикальная сополимеризация.
11. Катионная полимеризация. Основные стадии.
12. Кинетика катионной полимеризации. Влияние условий на процесс полимеризации.
13. Анионная полимеризация. Основные стадии.
14. Кинетика анионной полимеризации. Влияние условий на процесс полимеризации.
15. Координационно-ионная полимеризация. Полимеризация на катализаторах Циглера-Натта.
16. Получение гетероцепных полимеров полимеризацией карбонилсодержащих соединений. Полимеризация с раскрытием цикла.
17. Способы проведения полимеризации.
18. Синтез ВМС. Общая характеристика процесса поликонденсации. Классификация реакций поликонденсации. Основные отличия процесса полимеризации от процесса поликонденсации.
19. Термодинамика и кинетика поликонденсации. Равновесная поликонденсация.
20. Способы проведения поликонденсации.
21. Особенности химических реакций полимеров.
22. Химические превращения полимеров без изменения степени полимеризации. Внутримолекулярные превращения.
23. Химические превращения полимеров без изменения степени полимеризации. Полимераналогичные превращения.
24. Химические превращения полимеров с увеличением степени полимеризации. Сшивание макромолекул.
25. Химические превращения полимеров с увеличением степени полимеризации. Отверждение полимеров.
26. Химические превращения полимеров с увеличением степени полимеризации. Получение блок- и привитых сополимеров. Реакции в системе полимер–мономер и полимер–полимер.
27. Химические превращения с уменьшением степени полимеризации. Химическая деструкция полимеров.
28. Химические превращения с уменьшением степени полимеризации. Физическая деструкция полимеров.
29. Старение и стабилизация полимеров.
30. Фазовые и физические состояния полимеров. Термомеханические кривые.
31. Стеклообразное состояние. Характеристика и особенности. Теории стеклования.
32. Высокэластическое состояние. Характеристика и особенности. Теории высокэластичности.
33. Вязкотекучее состояние. Характеристика и особенности. Механизм вязкого течения. Кривые течения.
34. Релаксационные свойства полимеров.



35. Общая характеристика растворов полимеров. Факторы, влияющие на растворение полимеров.
36. Термодинамика растворения. Свойства растворов полимеров.
37. Пластомеры (получение, свойства, применение): полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид, политетрафторэтилен, полиакрилаты, поликарбонаты, фенопласты, аминопласты.
38. Эластомеры (краткие характеристики и области применения): каучуки, полисилоксаны, полиуретаны.
39. Синтетические волокна: полиэфиры, полиамиды, полиакрилонитрил.
40. Лакокрасочные материалы и клеи: глифталевые и пентафталевые смолы, поливинилацетат.

## **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.

## **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.

Для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:
  - обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
  - для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;
  - задания для выполнения, а также инструкции о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);
- для глухих и слабослышащих:
  - обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все обучающиеся учатся в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

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

### **9.1 Список литературы Основная литература**

- 1.** Семчиков, Юрий Денисович. Высокомолекулярные соединения: Учебник для студ. вузов, обучающихся по спец. «Химия» / Ю.Д. Семчиков. - М. : Академия ; Нижний Новгород : Изд-во Нижегородского гос. ун-та, 2003. - 366 с. (48 экз).
- 2.** Высокомолекулярные соединения : учебник и практикум для вузов / М. С. Аржаков [и др.] ; под редакцией А. Б. Зезина. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 340 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01322-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489251>
- 3.** Киреев, В. В. Высокомолекулярные соединения в 2 ч. Часть 1 : учебник для вузов / В. В. Киреев. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 365 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-03986-3. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/490451>
- 4.** Киреев, В. В. Высокомолекулярные соединения в 2 ч. Часть 2 : учебник для вузов / В. В. Киреев. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 243 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-03988-7. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/490452>

### **Дополнительная литература**

- 1.** Кленин, В.И. Высокомолекулярные соединения / В.И. Кленин, Федусенко И.В. – СПб; М.; Краснодар: Лань, 2013. – 512 с. (5 экз).

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

- 1.** XuMuK.ru <http://www.xumuk.ru>
- 2.** Электронная библиотека по химии <http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/>
- 3.** Портал научной электронной библиотеки <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

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

- 1.** Polpred.com Обзор СМИ/Справочник <https://polpred.com/news>
- 2.** ЭБС «Юрайт» <https://urait.ru>

## **10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА**

Для проведения занятий лекционного и лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются аудитории, оснащенные 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**

- Стол лабораторный 2-мест. (4 шт.)
- Стол письменный 2-мест. (12 шт.)
- Стол преподавателя (1 шт.)
- Стул (33 шт.)
- Компьютер с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением (1 шт.)
- Принтер «Samsung» (1 шт.)
- 8 - портовый коммутатор D-Link для выхода в электронно-библиотечную систему и электронную информационно-образовательную среду БГПУ (1 шт.)
- Мультимедийный проектор SHARP -10 X(1 шт.)
- Экспозиционный экран (навесной) (1 шт.)
- 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.)
- Аквадистиллятор (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.)
- Радиодозиметр (1 шт.)
  
- Штативы для пробирок, нагревательные приборы, лабораторная посуда
  
- Химические реактивы по тематике лабораторных работ

Учебно-наглядные пособия - слайды, таблицы, мультимедийные презентации по дисциплине «ВМС»

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

## 11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ

### Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2020/2021 уч. г.

РПДобсуждена и одобрена для реализации в 2020/2021 уч. г. на заседании кафедры химии (протокол № 9 от «11» июня 2020 г.). В РПД внесены следующие изменения и дополнения:

В рабочую программу внесены следующие изменения и дополнения:

№ изменения: 1	
№ страницы с изменением: титульный лист	
Исключить: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	Включить: МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

### 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 № 7 от 14 апреля 2021 г.).

В рабочую программу внесены следующие изменения и дополнения:

№ изменения: 2	
№ страницы с изменением: 60	
Исключить:	Включить:
	В пункт 9.3: ЭБС «Юрайт» <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>

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

РПД пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022/2023 учебном году на заседании кафедры химии (протокол № 8 от 26 мая 2022 г.).

В рабочую программу внесены следующие изменения и дополнения:

№ изменения: 3	
№ страницы с изменением: 60	
Из пункта 9.3 исключить:	В пункт 9.3 включить:
1. Polpred.com Обзор СМИ/Справочник ( <a href="http://polpred.com/news.">http://polpred.com/news.</a> ) 2. ЭБС «Лань» ( <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a> )	1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ( <a href="https://elibrary.ru/defaultx.asp?">https://elibrary.ru/defaultx.asp?</a> )

РПД пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022/2023 учебном году на заседании кафедры химии (протокол № 1 от 14 сентября 2022 г.).

В рабочую программу внесены следующие изменения и дополнения:

№ изменения: 4	
№ страницы с изменением: 60-61	

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».

**Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2023/2024 уч. г.**

РПД пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023/2024 учебном году на заседании кафедры химии (протокол № 9 от 28 июня 2023 г.).