Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Щёкина Вера Витальевна
Должность: Ректор
Дата подписания: 05.03.2026 09:19:15
Уникальный программный ключ:
a2232a55157e576551a8999b1198892af53989420420336ffbf573a434e57789

	МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Благовещенский государственный педагогический университет»
	ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА Рабочая программа дисциплины

УТВЕРЖДАЮ
Декан естественно-географического факультета ФГБОУ ВО «БГПУ»

_____ И.А. Трофимцова
«26» марта 2025 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 № 6 от «26» марта 2025 г.)

Благовещенск 2025

Содержание

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА 3
2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ 4
3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ) 9
4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ 12
5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ 15
6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ(САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА 40
7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ 61
8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ 62
9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ 62
10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА 63
11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ 65

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 обязательной части общепрофессионального модуля «Химия» блока Б1.О.04 (Б1.О.04.14).

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
Практические работы	18	18
Самостоятельная работа	58	58
Вид итогового контроля:	18	экзамен

2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Учебно-тематический план

№	**Наименование тем (разделов)**	**Всего часов**	**Аудиторные занятия**			**Самостоятельная работа**
			Лекции	**Лабораторные занятия**	**Практические занятия**	
I	**Введение**	**6**	**2**	**-**		**4**
1	История становления химии ВМС. Работы русских учёных	6	2	-		4
II	**Общие сведения о высокомолекулярных соединениях**	**26**	**6**	**14**	**4**	**6**
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 4. Качественный структурно-групповой анализ мономера и полимера	4		2		2
2.2	*Решение задач по теме «Определение молекулярной массы полимера»*	2			2	
2.3	*Практическая работа «Общие сведения о ВМС»*	2			2	
III	**Синтез полимеров**	**44**	**10**	**8**	**6**	**14**
1	Радикальная полимеризация	14	4	4		6
1.1	Лабораторная работа 5. Синтез термостабилизатора ПВХ и оценка его эффективности	4	-	4		
2	Ионная полимеризация.	4	2	-		4
3	Сополимеризация	4	2	-		2

3.1	*Решение кейсовых задач по теме «Особенности синтеза полимера с заданными свойствами»*	2			2	
4	Поликонденсация	8	2	-		2
4.1	Лабораторная работа 6. Получение полиэтиленфталата конденсацией этиленгликоля и фталевого ангидрида	4	-	4		-
4.2	*Коллоквиум 1. «Способы синтеза ВМС»*	4			4	
IV	**Важнейшие представители полимеров и их получение в промышленности**	**20**	**-**	**12**	**2**	**6**
1	Пластомеры, эластомеры, синтетические волокна, лакокрасочные материалы	2	-	-		2
1.1	Лабораторная работа 7. Деструкция и денатурация природных полимеров	4		4		
1.2	Лабораторная работа 8. Изучение свойств эпоксидной смолы	4		4		
1.3	Лабораторная работа 9. Химические свойства волокон	8		4		4

1.4	*Коллоквиум 2 «Важнейшие представители полимеров и их свойства»*	2			2	
V	**Химические свойства макромолекул**	**30**	**6**	**10**	**4**	**12**
1	Реакции, не приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул	2	2			2
1.1	Лабораторная работа 10. Химические превращения поливинилхлорида	6	-	4		2
1.2	Лабораторная работа 11. 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
4	*Коллоквиум 3 «Химические свойства полимеров»*	2			2	

5	*Практическая работа «Химические свойства макромолекул»*	2			2	
VI	**Структура и физико-механические свойства полимерных тел**	**12**	**4**	**-**		**8**
1	Агрегатные, фазовые и физические состояния полимеров	6	2	-		4
2	Релаксационные явления в полимерах	6	2	-		4
VII	**Растворы высокомолекулярн**	**22**	**6**	**8**		**8**
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	4	2	-		2
	«Жизненный цикл полимера: от стаканчика до свалки и обратно»	2			2	
	Экзамен	**18**				
	ИТОГО	**180**	**34**	**52**	**18**	**58**

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 7. Деструкция и денатурация природных полимеров	ЛР	Работа в малых группах	4
6.	Лабораторная работа 8. Изучение свойств эпоксидной смолы	ЛР	Работа в малых группах	4
7.	Лабораторная работа 10. Химические превращения поливинилхлорида	ЛР	Работа в малых группах	4
8.	Лабораторная работа 13. Изучение свойств растворов высокомолекулярных соединений	ЛР	Работа в малых группах	4
	ИТОГО			**30**

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-координационая 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 степениполимеризации. 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, обусловливающие 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 формования 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, карбкатионов, 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 зависит 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 обусловливает 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 полимеров. 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
I	Введение		4
1	История становления химии ВМС. Работы русских учёных	Изучение основной и дополнительной	4

		литературы	
II	Общие сведения о высокомолекулярных соединениях		6
1	Основные понятия и определения. Классификация	Изучение основной и дополнительной литературы	2
2	Свойства макромолекул. Конформация и конфигурация макромолекул	Изучение основной и дополнительной литературы	2
III	Синтез полимеров		14
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
IV	Важнейшие представители полимеров и их получение в промышленности		6
1	Пластомеры, эластомеры, синтетические волокна, лакокрасочные материалы	Изучение основной и дополнительной литературы, решение задач	2
2	Лабораторная работа 9. Химические свойства волокон	Изучение основной и дополнительной литературы, Оформление лабораторной работы и подготовка отчета	4
V	Химические свойства макромолекул		12
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	Изучение основной и	2

	степени полимеризации макромолекул	дополнительной литературы	
5.	Термическая деполимеризация полиметилметакрилата	Оформление лабораторной работы и подготовка отчета	2
	Старение и стабилизация полимеров	Изучение основной и дополнительной литературы, решение задач	2
VI	Структура и физико-механические свойства полимерных тел		8
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
VII	Растворы высокомолекулярных соединений		8
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
	ИТОГО		58

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 4. Качественный структурно-групповой анализ мономера и полимера	4
3.	Пластомеры, эластомеры, синтетические волокна, лакокрасочные материалы	Лабораторная работа 7. Деструкция и денатурация природных полимеров	4
		Лабораторная работа 8. Изучение свойств эпоксидной смолы	4

		Лабораторная работа 9. Химические свойства волокон	4
4.	Синтез полимеров	Лабораторная работа 5. Синтез термостабилизатора ПВХ и оценка его эффективности	4
		Лабораторная работа 6. Получение полиэтиленфталата конденсацией этиленгликоля и фталевого ангидрида	4
		Лабораторная работа 10. Химические превращения поливинилхлорида	4
5.	Химические свойства полимеров	Лабораторная работа 11. Изучение свойств растворов поливинилового спирта	4
		Лабораторная работа 12. Термическая деполимеризация полиметилметакрилата	2
		Лабораторная работа 13. Изучение свойств растворов высокомолекулярных соединений	4
	ИТОГО		**52**

План практических работ по дисциплине «Высокомолекулярные соединения»

№ п/п	Тема	Вид работы	Кол-во часов
8 семестр			
1	Решение задач по теме «Определение молекулярной массы полимера»	Практическая работа	2
2	«Общие сведения о ВМС»	Практическая работа	2
3	Решение кейсовых задач по теме «Особенности синтеза полимера с заданными свойствами»	Практическая работа	2
4	Коллоквиум 1. «Способы синтеза ВМС»	Практическая работа	4
5	Коллоквиум 2 «Важнейшие представители полимеров и их свойства»	Практическая работа	2
6	Коллоквиум 3 «Химические свойства полимеров»	Практическая работа	2
7	Химические свойства макромолекул	Практическая работа	2
8	«Жизненный цикл полимера: от стаканчика до свалки и обратно»	Практическая работа	2
	Всего		**18**

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 добавлять 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.

$$2NaCN + FeSO_4 \rightarrow Fe(CN)_2 + Na_2SO_4$$
$$Fe(CN)_2 + 4\ NaCN \rightarrow Na_4[Fe(CN)_6]$$
$$3\ Na_4[Fe(CN)_6] + 4\ Fe(CN)_3 \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12\ NaCl$$

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 содержимое пробирки нагревают и затем подкисляют.

1.2 Обнаружение серы

Метод 1. К исследуемому раствору приливают несколько капель свежеприготовленного 1% раствора нитропруссида 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 течении 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_2S, мешающих анализу.

При наличия 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 бедлого цвета указывают 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. Одновременно 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 HNO_3 и $(NH_4)MoO_4$. Сплавление в тигле позволяет провести полное разложение образца при определении фосфора.

2.2. Обнаружение кремния. Полученный плав обрабатывают 50%-ной HCl, переносят в фарфоровую чашку и упаривают досуха. К остатку прибавляют несколько миллилитров разбавленной 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:

$$RCOOH + NaOH \rightarrow RCOONa + H2O$$

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 полно растворения.

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

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

Содержание карбоксильных групп вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(V1 - V2) \cdot 0.0045 \cdot 100}{g}$$

, где V1 – объем 0,1Н щелочи, израсходованной на титрование рабочей пробы, см^3; V2 – объем 0,1Н щелочи, израсходованной на титрование контрольной пробы, см^3;

0,0045 — количество СООН групп, соответствующее 1 см^3 точно 0,1Н раствора щелочи, г;

g – навеска вещества, г.

Кислотное число характеризуется количеством КОН (NaOH) (в мг), которое необходимо для нейтрализации карбоксильных групп, содержащихся в 1 г анализируемого вещества.

Кислотное число (КЧ) рассчитывают по формуле:

$$КЧ = \frac{(V1 - V2) \cdot 0.00561 \cdot 1000}{g},$$

где 0,00561 — титр 0,1Н раствора КОН, г/см^3.

Для титрования можно применять раствор NaOH, но в расчетную формулу следует ставить титр раствора КОН 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^3), мерный цилиндр, градуированная пипетка (5 см^3).

Ход определения

В колбу наливают 20-25 см^3 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:

$X = \frac{V \cdot 0.00861 \cdot 100}{g}$, где

V – объем 0,1Н раствора щелочи, см^3;

0,00861 — количество метакриловой кислоты, соответствующее 1 см^3 точно 0,1Н раствора NaOH;

g – навеска образца, г.

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

$КЧ = \frac{(V1 - V2) \cdot 0.00561 \cdot 1000}{g}$,

где 0,00561 — титр 0,1Н раствора КОН, г/см^3.

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

3.2. Определение числа омыления

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

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

Ход определения

В колбу наливают 30-35 см^3 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:

$ЧО = \frac{(V1 - V2) \cdot 0.028 \cdot 1000}{g}$, где

V1 – объем 0,5Н раствора Hcl, израсходованного на титрование контрольной пробы, см$^{3;}$

V2 – объем 0,5Н раствора Hcl, израсходованного на титрование рабочей пробы, см^3.

0,028 — титр 0,5Н раствора КОН, г/см^3;

g – навеска образца, г.

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

$$X = \frac{ЧО\ найден - КЧнайден)}{ЭЧ\ теор}$$

Вопросы к лабораторной работе

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

Лабораторная работа № 4

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 разбор- ные 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 3100−2800 и 2000−700 см$^{-1}$ (рис. 1).

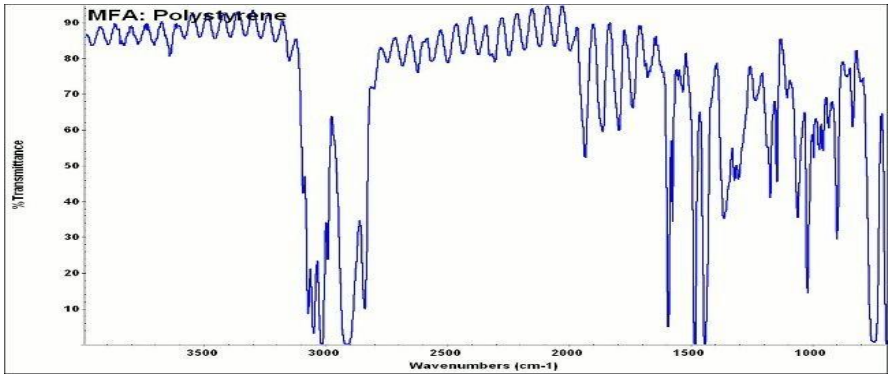


Рис. 1. ИК-спектр полистирола

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 № 5
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 доводятвещество 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 pH ≥ 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. 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 тонкодисперсногопорошка. 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 индикаторнойбумаги, 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 обусловливают 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 № 6

Получение полиэтиленфталата конденсацией этиленгликоля и фталевого ангидрида

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

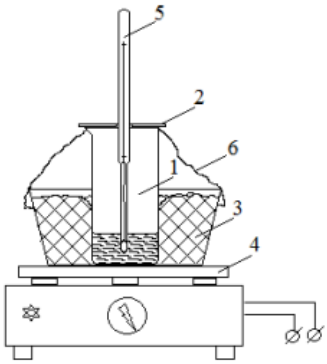
Реактивы и материалы:

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

Посуда и инструменты: стакан фарфоровый — 200-250 см^3, с плотной крышкой; термометр с диапазоном температур 100-300°; коническая колба — 100 -250 см^3 (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 ввязкий расплав. Затем температуру поднимают до 180 °С. Образующиеся на стенках стакана и внутреннейповерхности крышки кристаллыангидрида следует периодически счищать и перемешивать с реакционной массой. Эту операциюобязательно следует выполнять перед отбором проб для определениякислотного 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 греакционной 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, учтя 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:

$$\text{КЧ} = \frac{56{,}1(V1-V2)\cdot N}{g}, \text{ где}$$

56,1 – эквивалентная масса КОН; V_1 иV_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:

$$Mn = \frac{1000 \cdot g}{(V1 - V2)} = \frac{56100}{\text{КЧ}}$$

Среднюю степень полимеризации находят по соотношению:

$$n = \frac{Mn}{\text{Мспз}} = \frac{56100}{\text{КЧ}\cdot\text{Мспз}}, \text{ где}$$

$M_{спз}$ – 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	Т, °С	Время от выхода на режим, мин.	*m*, г	($V1 – V_2$), мл	КЧ	n

Вопросы к лабораторной работе

1. Написать схему и постадийный механизм процессаполиэтерификации.
2. Написать постадийную схему полиэтерификации с использованиемдиола 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 полиэфиры?

Лабораторная работа № 7

Деструкция и денатурация природных полимеров

Цель: изучить условия протекания реакции деструкции природных полимеров

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)

2. Денатурация белка органическими кислотами

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

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 выпадение осадка белка.

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.

5. Кислотный гидролиз крахмала

В коническую колбу емкостью 50 см^3 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 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							
Окраска раствора после внесения в I_2 в KI	30 с	60 с	90 с	120 с	150 с	180 с	210 с	240 с
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**

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.

6. Растворение целлюлозы ы 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 по 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.

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 (103 см), сухие концы бумаги держат в руках. Избыток кислоты быстро сливают в туже 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 № 8

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, оттитровывают0,1 н раствором гидроксида натрия в присутствии фенолфталеина.

Эпоксидное число (ЭЧ) в процентах вычисляют по формуле:

$$ЭЧ = \frac{(V1 - V2) \cdot F \cdot 100 \cdot 0.00435}{g}$$

, где

V1 и V2 - 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 фиксанала); 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 фиксанала, 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:

$$Сэ(NaOH) \cdot V(NaOH) = Сэ(HCI) \cdot V(HCI)$$

Поправка к титру показывает, во сколько раз концентрация приготовленного раствора больше или меньше 0,1 н, то есть, F= 0,1 / Сэ(NaOH).

Расчёт количества отвердителя.

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

$X = \frac{М \cdot ЭЧ}{43N}$, где

М – молекулярная масса отвердителя, 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 № 9

Химические свойства волокон

Цель работы: изучение химических свойств текстильных волокон.

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?

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, эфироцеллюлозных волокон, капрона?

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

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?

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 выдаютсяпо 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°С. 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.

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 № 13

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 емкостью 50 см^3 (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^3 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 τ:

$$\alpha_\tau = \frac{m_\tau - m_0}{m_0}, \text{ где}$$

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 № 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 °Сдеполимеризуется 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 ^{0}С в зависимости от интенсивности 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 мономерасырца определяют коэффициент рефракции.

Очистка мономера-сырца

В процессе термической деполимеризации попутно протекаетокислительная 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 (Na_2CO_3), необходимой длянейтрализации и промывки, определяют кислотное число деполимера.

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

$$- COOH + KOH \longrightarrow - COOK + H_2O$$

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

Кислотное число определяют по формуле:

$$КЧ = \frac{V \cdot T \cdot 1000}{m}$$

где V – объем щелочи, пошедшей на тирование, см^3; T – титр щелочи;

m – навеска деполимера, г.

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

$$M_{Na2CO3} = \frac{КЧ \cdot 53 \cdot P}{56 \cdot 10}$$

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 $^{\circ}$C. 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 № 11
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°С.

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.

Практические работы

1. Решение задач по теме «Определение молекулярной массы полимера»

1. Для получения синтетического волокна “нитрон” в качестве мономера используют акрилонитрил CH2 = CH – CN. Составьте уравнение полимеризации этого мономера.
2. Напишите уравнение реакции полимеризации формальдегида и определите степень полимеризации в реакции получения полиформальдегида со средней молекулярной массой 45000. (Ответ: 1500).
3. Напишите уравнение реакции получения политетрафторэтилена (фторпласта – 4) и определите среднюю молекулярную массу полимера, если степень полимеризации равна 1200. (Ответ: 120000).
4. Составьте уравнение реакции сополимеризации пропилена и изобутилена. Вычислите степень полимеризации, если сополимер имеет молекулярную массу 160000. (Ответ: 1600).
5. Составьте уравнение реакции получения полихлорвинила, если в качестве исходного вещества взяли хлорэтен.

2. Практическое занятие «Общие сведения о ВМС»

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.

Задача1. Инженер-технолог взял лист органического стекла (полиметилметакрилата, ПММА) и попытался согнуть его под углом 90°, предварительно нагрев в духовке до 80°С (температура стеклования ПММА ~105°С). Лист треснул. Почему? Что он сделал не так?
(Ответ: Нагрев должен быть выше температуры стеклования, в область высокоэластичности (140-150°С для ПММА), чтобы полимер перешел в резиноподобное состояние, а не оставался в жестком, хрупком стеклообразном).

Задача 2. Почему полиэтиленовый пакет, вынутый из морозилки (-20°С) на морозе, остается гибким, а резиновый шланг (вулканизированный каучук) на таком же морозе дубеет и может треснуть, хотя при комнатной температуре он эластичнее пакета?
(Ответ: Это вопрос температуры стеклования (Тс). У полиэтилена Тс очень низкая (ниже -70°С), поэтому при -20°С его цепи подвижны. У большинства каучуков Тс тоже низкая (у натурального -70°С), но если шланг старый или из определенного вида каучука, он мог

частично кристаллизоваться на морозе, либо если это полярный каучук (например, хлоропреновый), его Тс может быть выше -20°С).

3. Решение кейсовых задач по теме «Особенности синтеза полимера с заданными свойствами»

Кейсовые задачи «Особенности синтеза полимера с заданными свойствами» требует комплексного подхода, объединяющего знания органической химии, физикохимии полимеров и инженерии.

При получении задания «Синтезировать полимер со свойствами [X]» рекомендуется придерживаться следующей структуры ответа:

1. Анализ требований к свойствам:

- Механические: прочность, эластичность, ударная вязкость (стеклование, кристалличность).
- Термические: теплостойкость, морозостойкость, температура плавления/разложения.
- Химические: стойкость к растворителям, кислотам, щелочам, атмосферостойкость.
- Технологические: текучесть расплава, растворимость.

2. Выбор типа полимера и структуры макромолекулы:

- Карбоцепной или гетероцепной?
- Линейный, разветвленный или сшитый (сетчатый)?
- Аморфный или кристаллический?
- Гомополимер, сополимер (статистический, блок-, привитой)?

3. Обоснование выбора мономеров:

- Какие функциональные группы обеспечат нужные свойства (полярность, жесткость цепи)?
- Какой метод синтеза (полимеризация или поликонденсация)?

4. Выбор метода синтеза и условий:

- Механизм реакции (радикальный, ионный, ступенчатый).
- Условия (температура, давление, среда, инициатор/катализатор).

5. Прогнозирование молекулярно-массовых характеристик (ММР):

- Как молекулярная масса (ММ) влияет на прочность?
- Нужно ли регулировать полидисперсность?

Кейс 1: Эластичный, но прочный материал для автомобильных шин (Масло-бензостойкость)

Условие: Требуется получить синтетический каучук, который по эластичности не уступает натуральному, но превосходит его по стойкости к нефтепродуктам (маслам, бензину).

Решение:

1. Анализ проблемы:

Натуральный каучук (полиизопрен) нестоек к маслам из-за неполярной природы.

Маслостойкость обеспечивается полярными группами в цепи.

2. Выбор полимера:

Нужен полярный диеновый каучук.

Оптимальный кандидат: Бутадиен-нитрильный каучук (БНК, или NBR). Это сополимер бутадиена и акрилонитрила.
3. Обоснование синтеза:
Метод: Свободнорадикальная эмульсионная сополимеризация.
Роль компонентов:
Бутадиен: обеспечивает эластичность (гибкость цепи, низкая температура стеклования)
Акрилонитрил (полярная группа -CN): повышает маслостойкость и прочность, но повышает T_g (делает менее морозостойким).
Регулирование свойств: Изменяя содержание акрилонитрила (от 18% до 50%), мы задаем конечные свойства.
Низкое содержание АН: высокая эластичность, но средняя маслостойкость.
Высокое содержание АН: отличная маслостойкость, но хуже морозостойкость.
4. Дополнительный этап (вулканизация):
Сам по себе линейный каучук пластичен. Для получения прочной резины требуется создать редкую сетку (сшивку). Обычно используется сера (вулканизация). Количество серы регулирует жесткость (чем больше серы, тем тверже материал — эбонит).

Итог: Синтез БНК в эмульсии с регулируемым количеством акрилонитрила с последующей серной вулканизацией.

Кейс 2: Прозрачный, ударопрочный корпус для электроники (Замена хрупкого пластика)

Условие: Материал должен быть прозрачным как стекло, но при этом не раскалываться при падении (высокая ударная вязкость). Полистирол (ПС) прозрачен, но хрупок. Поликарбонат (ПК) прочен, но дорог и сложен в переработке.
Решение:
1. Анализ проблемы:
Хрупкость полистирола обусловлена жесткими боковыми фенильными группами. При ударе цепь не может перераспределить энергию, и возникают микротрещины.
2. Выбор полимера:
Решение: Создание ударопрочного полистирола (УПС, или HIPS). Но это непрозрачен (из-за фазы каучука).
Для сохранения прозрачности: Нужен сополимер, где фазы не рассеивают свет. Идеальный вариант — сополимеры стирола с акрилонитрилом (САН) и дополнительно с бутадиеном в определенной структуре.
Лучший коммерческий пример: АБС-пластик (акрилонитрил-бутадиен-стирол). В нем сочетаются три компонента.
3. Особенности синтеза (привитая сополимеризация):
Просто смешать полибутадиен с полистиролом нельзя — они несовместимы и расслоятся.
Технология: Синтез проводят в присутствии готового полибутадиенового латекса (или растворенного каучука).
Механизм: В полибутадиеновой цепи радикальной полимеризацией "прививают" боковые цепи сополимера стирола и акрилонитрила. Получается привитой сополимер, который служит совместителем фаз.
Структура: Частицы каучука (эластомера) распределены в матрице жесткого пластика (САН). При ударе каучук поглощает энергию, останавливая рост трещин.
4. Итог:
Жесткость и блеск от стирола.
Химстойкость и прочность от акрилонитрила.
Эластичность и ударопрочность от бутадиена.

4. Коллоквиум 1. «Способы синтеза ВМС»

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.

Задачи:

1. Муравьиный альдегид вступает в реакцию поликонденсации с мочевиной $CO(NH_2)_2$ и образует синтетическую карбамидную смолу. Напишите уравнение реакции поликонденсации, считая, что на 2 моль мочевины необходим 1 моль формальдегида.

1) Напишите структурную формулу винилацетата. Приведите схему полимеризации этого соединения.
2) Приведите схему сополимеризации акрилонитрила CH_2=CH-CN и винилацетата.
3) Приведите схему получения полимера при реакции сополимеризации стирола и акрилонитрила.
4) Напишите структурную формулу метакриловой кислоты. Какое соединение получается при взаимодействии ее с метанолом? Напишите уравнение реакции. Составьте схему полимеризации образующегося продукта.
5) Составьте схему поликонденсации адипиновой кислоты $C_4H_8(COOH)_2$ и гексаметилендиамина $(NH_2)_2(CH_2)_6$.
6) Как можно получить винилхлорид, имея карбид кальция, хлорид натрия, серную кислоту и воду? Напишите уравнения соответствующих реакций. Составьте схему полимеризации винилхлорида.
7) Полимером какого непредельного диенового углерода является натуральный каучук? Напишите структурную формулу этого углеводорода и реакцию его полимеризации.
8) Составьте схему сополимеризации бутадиена и стирола.
9) Для получения синтетического волокна «энант» в качестве мономера используют аминоэнантовую кислоту NH_2 – $(CH_2)_6$ – COOH. Составьте схему поликонденсации аминоэнантовой кислоты.
10) Составьте схему сополимеризации изопрена и изобутилена.
11) Напишите уравнение реакции поликонденсации карбамида $CO(NH_2)_2$ с уксусным альдегидом, исходя из того, что с каждым 3 моль карбамида вступают в реакцию 2 моль альдегида.
12) При взаимодействии этилакриловой кислоты CH_2= $C(C_2H_5)$ – COOH с пропиловым спиртом C_3H_7OH образуется пропилэтилакрилат. Напишите реакцию его получения и

полимеризации. Какая масса полимера получится в результате реакции, если степень полимеризации равна 32? (Ответ: 4992).

13) Напишите уравнение реакции получения метилового эфира метакриловой кислоты метакриловой кислоты и реакцию полимеризации его в полиметилметакрилат. Определите среднюю молекулярную массу полимера, если степень полимеризации равна 150. (Ответ: 13200).

14) Волокно «лавсан» является продуктом терефталиевой кислоты $C_6H_4(COOH)_2$ и этиленгликоля. Соотношение между числом молекул терефталиевой кислоты и этиленгликоля 2:1. Изобразите строение структурного звена этого полимера.

5.Коллоквиум 2 «Важнейшие представители полимеров и их свойства»

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. Белки как коллоиды.
11. Гели и студни.
12. Основные этапы развития науки о высокомолекулярных соединениях.
13. Применение высокомолекулярных соединений в медицине.
14. Применение высокомолекулярных соединений в строительстве.

6.Коллоквиум 3 «Химические свойства полимеров»

1. Особенности химических реакций полимеров.
2. Химические превращения полимеров без изменения степени полимеризации. Внутримолекулярные превращения.
3. Химические превращения полимеров без изменения степени полимеризации. Полимераналогичные превращения.
4. Химические превращения полимеров с увеличением степени полимеризации. Сшивание макромолекул.
5. Химические превращения полимеров с увеличением степени полимеризации. Отверждение полимеров.
6. Химические превращения полимеров с увеличением степени полимеризации. Получение блок- и привитых сополимеров. Реакции в системе полимер–мономер и полимер–полимер.
7. Химические превращения с уменьшением степени полимеризации. Химическая деструкция полимеров.
8. Химические превращения с уменьшением степени полимеризации. Физическая деструкция полимеров.
9. Старение и стабилизация полимеров.

7. Практическая работа «Химические свойства макромолекул»

Блок 1. Химические превращения полимеров (вулканизация, деструкция, гидролиз)

Задание 1.1. Вулканизация каучука
Как называют процесс сшивания полимерных молекул при взаимодействии с серой? Напишите фрагмент уравнения реакции взаимодействия полибутадиена с серой, показывая образование поперечных связей. Чем отличается каучук от резины по составу и свойствам? Почему резина, в отличие от каучука, не переходит в вязкотекучее состояние при нагревании?
Задание 1.2. Пиролиз полиакрилонитрила. Какой продукт образуется и как изменяются свойства при пиролизе (сильном нагревании без доступа воздуха) полиакрилонитрила? Напишите схему реакции и поясните практическое значение этого процесса.
Задание 1.3. Гидролиз полимеров. Поместите мысленно кусочки следующих волокон в пробирки с раствором серной кислоты и раствором щелочи: капрон (полиамид), лавсан (полиэфир), шерсть (белок), хлопок (целлюлоза). Какие из этих полимеров будут разрушаться в кислой среде, а какие — в щелочной? Напишите схему гидролиза фрагмента цепи лавсана (полиэтилентерефталата) под действием воды в кислой среде.

Блок 2. Реакционная способность и методы синтеза

Задания этого блока направлены на понимание кинетики и механизмов реакций, ведущих к образованию макромолекул, и факторов, влияющих на этот процесс.
Задание 2.1. Реакции инициирования. Какие из перечисленных веществ - серная кислота), перекись бензоила, бутиллитий, раствор хлорида железа в перекиси водорода, амид натрия, металлический натрий (Na), четыреххлористое олово - могут вызывать радикальную полимеризацию стирола? Напишите реакцию инициирования с одним из подходящих инициаторов.
Задание 2.2. Кинетика полимеризации. Напишите уравнение для скорости радикальной полимеризации (стадия роста цепи). Как изменится скорость реакции и молекулярная масса полимера, если при синтезе полиметилметакрилата увеличить исходную концентрацию инициатора в 4 раза, оставив концентрацию мономера неизменной? Ответ поясните.
Задание 2.3. Сравнение процессов полимеризации и поликонденсации. Заполните таблицу, сравнивая два основных метода синтеза полимеров. Поясните свой выбор на конкретных примерах.

Признак для сравнения	Реакция полимеризации	Реакция поликонденсации
Тип реакции (присоединение, замещение и т.д.)		
Выделение низкомолекулярного продукта		
Элементный состав мономера и полимера		
Пример полимера и его мономер(ы)		

Блок 3. Связь строения и свойств
Эти задания помогут понять, как химическая структура полимера определяет его поведение при нагревании, растворении и механическом воздействии.
Задание 3.1. Типы структур полимеров. Установите соответствие между строением полимера и его свойствами:

1. Не плавится при нагревании, не растворяется, только ограниченно набухает.
2. Частично растворяется в органических растворителях, может размягчаться при нагревании.
3. Хорошо растворяется с образованием вязких растворов, плавится при нагревании.

Определите типы структур для следующих полимеров: целлюлоза, резина (вулканизованный каучук), гликоген, полистирол.

Задание 3.2. Влияние строения на растворимость. Почему отходы (брак, лом) из термопластичных полимеров (например, полиэтилена) можно перерабатывать вторично, а отходы из термореактивных полимеров (например, бакелита) не подвергаются вторичной переработке методом переплавления? Ответ обоснуйте с точки зрения химического строения полимеров.

8. Практическая работа «Жизненный цикл полимера: от стаканчика до свалки и обратно»

Занятие, построенное вокруг проблемы утилизации пластиков. Нужно вспомнить всё: от методов синтеза до типов связей в цепи, чтобы понять, как полимер можно разрушить или переработать.

Задачи:

1) Классификация пластиков по маркировке (PET, HDPE, PVC, PP, PS) с точки зрения химика: какой тип реакции полимеризации, какие substituents, почему ПЭТ легче гидролизовать, чем ПЭ?
2) Химия деструкции: термолиз, фотодеструкция, биодеструкция. Какие химические связи атакуются?
3) Проект: предложить химический способ переработки конкретного полимера (например, ПЭТ) обратно в мономеры (деполимеризация).

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 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.

	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. 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)	
		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 –	ставится, если допущены одна-две

		удовлетворительно	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 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА Для проверки уровня сформированности компетенций ПК -1, ОПК-1, ОПК-2

Тесты содержат следующие типы заданий

Тип задания	№ задания	Вес задания (балл)	Результат оценивания (баллы, полученные за выполнение задания / характеристика правильности ответа)

задания закрытого типа с выбором одного правильного (1 из 4)	1, 2, 3	1 балл	1 б - полное правильное соответствие; 0 б - остальные случаи
задания закрытого типа с выбором одного правильного ответа по схеме: «верно»/ «неверно»	4, 5	1 балл	1 б - полное правильное соответствие; 0 б - остальные случаи
задания закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов (3 из 6)	6, 7	2 балла	2 б – полное правильное соответствие (последовательность вариантов ответа может быть любой); 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задания закрытого типа на установление соответствия (4 на 4)	8, 9	2 балла	2 б – полное правильное соответствие; 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задание закрытого типа на установление последовательности	10, 11	2 балла	2 б – полное правильное соответствие; 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задания открытого типа с кратким ответом	12, 13	3 балла	3 б – полное правильное соответствие; 0 б – остальные случаи.
задания открытого типа с развернутым ответом	14, 15	5 баллов	5 б – полное правильное соответствие; если допущена одна ошибка/неточность / ответ правильный, но не полный - 3 балла; если допущено более одной ошибки / ответ неправильный / ответ отсутствует – 0 баллов

Формируемая компетенция	**Индикаторы сформированности компетенции**
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

Задание 1. При исследовании методами ИК-спектроскопии было установлено, что продукт гидролиза лигнина имеет интенсивную полосу поглощения в области 1710-1715 см$^{-1}$. Какую функциональную группу это наиболее вероятно указывает?

1. Гидроксильную (-OH)
2. Карбонильную (C=O)
3. Ароматическое кольцо
4. Метиленовую группу ($-CH_2-$)

Ответ: 2

Задание 2. При определении выхода целлюлозы после варки было получено три значения: 48,2%; 47,8%; 52,1%. Какой результат, скорее всего, является промахом и должен быть отброшен при расчете среднего?

1. 48,2%
2. 47,8%
3. 52,1%
4. Все результаты равновероятны

Ответ:3

Задание 3. Если при пиролизе древесины выход жидких продуктов (бионефти) увеличивается с 30% до 45% при снижении скорости нагрева, какой предварительный вывод можно сделать?

1. Скорость нагрева не влияет на процесс
2. Снижение скорости нагрева благоприятствует образованию жидких продуктов
3. Снижение скорости нагрева приводит только к увеличению выхода газа
4. Произошла ошибка в измерениях

Ответ:2

Задание 4. Утверждение: «Если при определении йодного числа двух разных образцов растительного масла получены значения 120 и 85, можно сделать вывод, что первый образец более окислен».

1. Неверно
2. Верно

Ответ:1

Задание 5. Утверждение: «Наличие полосы поглощения при 1050-1150 см$^{-1}$ в ИК-спектре продукта переработки целлюлозы однозначно свидетельствует о сохранении гликозидных связей».

1. Неверно
2. Верно

Ответ:1

Задание 6. При анализе результатов хроматографии бионефти были обнаружены пики, соответствующие уксусной кислоте, фурфуролу и левоглюкозану. О чем это свидетельствует? (Выберите два или более варианта)

1. Продукт содержит соединения, характерные для пиролиза гемицеллюлоз
2. Продукт содержит соединения, характерные для пиролиза целлюлозы
3. Продукт полностью состоит из лигнинных фрагментов
4. Произошла полная газификация сырья
5. Продукт загрязнён
6. Подобран неверный растворитель

Ответ:1, 2

Задание 7. Какие выводы можно сделать, если при щелочной экстракции биомассы выход экстрактивных веществ значительно превышает справочные данные для данного вида сырья? (Выберите два или более варианта)

1. Сырье могло быть подвержено микробиологической порче
2. Методика экстракции могла быть проведена с ошибкой (например, завышена температура)
3. Определенно произошла деструкция целлюлозы
4. Лигнин полностью перешел в раствор
5. Подобрана неверная концентрация щёлочи
6.

Ответ:1, 2

Задание 8. Установите соответствие между наблюдаемым экспериментальным фактом и его вероятной химической интерпретацией:

Наблюдаемый факт	Химическая интерпретация
1. Раствор йода в йодиде калия окрашивает продукт в синий цвет	А. Образование непредельных соединений или ароматических структур
2. Продукт пиролиза дает положительную реакцию «серебряного зеркала»	Б. Наличие альдегидной группы
3. Выход газообразных продуктов (CO, CO_2) при пиролизе увеличивается с ростом температуры	В. Наличие крахмала или неповрежденной целлюлозы
4. УФ-спектр продукта имеет полосу поглощения при 280 нм	Г. Интенсификация реакций декарбоксилирования и разложения

Ответ:1 - В, 2 - Б, 3 - Г, 4 - А

Задание 9. Установите соответствие между методом анализа и типом информации, которую он предоставляет для интерпретации:

Метод анализа	Тип информации
1. Газовая хроматография с масс-спектрометрией (ГХ-МС	А. Количественный состав смеси летучих соединений и их идентификация
2. ИК-Фурье спектроскопия	Б. Определение функциональных групп в молекуле
3. Титриметрическое определение кислотного числа	В. Степень окисленности образца (например, масла)
4. ЯМР-спектроскопия	Г. Полная структура органического соединения, включая расположение атомов водорода и углерода

Ответ: 1 - А, 2 - Б, 3 - В, 4 - Г

Задание 10. (ОПК-1.1) Установите правильную последовательность этапов обработки данных при определении состава жирных кислот в растительном масле методом ГХ-МС:

1. Идентификация пиков по библиотеке масс-спектров
2. Проведение хроматографического разделения метиловых эфиров жирных кислот
3. Количественный расчет массовых долей кислот по площадям пиков
4. Получение хроматограммы и масс-спектров для каждого пика
5. Подготовка проб (омыление и метилирование масла)

Ответ: 5, 2, 4, 1, 3

Задание 11. Расположите этапы формулирования заключения по результатам эксперимента в правильном порядке:
1. Сравнение полученных данных с литературными источниками и теоретическими ожиданиями
2. Формулировка окончательных выводов и, при необходимости, рекомендаций для дальнейших исследований
3. Проведение эксперимента и сбор первичных данных (спектров, хроматограмм, значений титранта)
4. Первичная обработка и систематизация результатов (расчет выходов, определение концентраций)
5. Выдвижение гипотез для объяснения обнаруженных закономерностей и аномалий
Ответ: 3, 4, 1, 5, 2

Задание 12. Как называется статистическая величина, которая показывает степень рассеяния результатов измерений относительно среднего значения и используется для оценки их воспроизводимости?
Ответ: Стандартное отклонение

Задание 13. Какой основной процесс ответственен за образование фурфурола из ксиланов, содержащихся в растительном сырье, в кислой среде?
Ответ: Дегидратация пентоз

Задание 14. Вам были предоставлены результаты анализа двух образцов биодизеля, полученного из рапсового масла. Известно, что образец А был получен по стандартной методике, а образец Б хранился 6 месяцев в неоптимальных условиях.
Данные ГХ: В образце Б обнаружены пики, соответствующие короткоцепочечным альдегидам и кислотам, которых нет в образце А.
Йодное число: Образец А = 105; Образец Б = 92.
Кислотное число: Образец А = 0.2 мг КОН/г; Образец Б = 1.8 мг КОН/г.

Проанализируйте и интерпретируйте эти результаты. Сформулируйте выводы о химических процессах, которые произошли с образцом Б.

Примерный ответ:
Анализ и интерпретация:
1. Снижение йодного числа (с 105 до 92) указывает на уменьшение числа двойных связей в молекулах эфиров. Это характерно для реакций окисления и полимеризации, в которых непредельные связи являются активными центрами.
2. Резкий рост кислотного числа (с 0.2 до 1.8 мг КОН/г) однозначно свидетельствует о процессе гидролитического расщепления сложноэфирных связей в биодизеле с образованием свободных жирных кислот.
3. Появление короткоцепочечных альдегидов и кислот в хроматограмме является прямым подтверждением окислительной деструкции углеводородных цепей жирных кислот. Непредельные жирные кислоты особенно склонны к автоокислению с разрывом цепей по месту двойных связей, что и приводит к образованию этих низкомолекулярных карбонильных соединений и кислот.

Выводы:
За время хранения образец Б подвергся комплексной деградации, включающей два основных процесса:
Гидролиз: Приводящий к увеличению кислотности и ухудшению топливных свойств.

Окисление: Приводящее к снижению ненасыщенности, полимеризации (что может приводить к образованию осадков) и фрагментации молекул с образованием летучих и агрессивных соединений (альдегиды, кислоты).

Образец Б является некондиционным и непригодным для дальнейшего использования в качестве топлива.

Задание 15. В научной статье описано, что при использовании нового цеолитного катализатора Z-10 в процессе пиролиза сосновой опилки выход ангидросахаров (в т.ч. левоглюкозана) увеличился на 15% по сравнению с некаталитическим процессом, при этом выход уксусной кислоты и фурфурола снизился. Предложите интерпретацию этого результата, основанную на знаниях о химии процессов пиролиза. Сформулируйте гипотезу о механизме действия катализатора.

Примерный ответ:
Подавление вторичных реакций: Микропористая структура цеолита может адсорбировать и стабилизировать молекулы ангидросахаров, защищая их от дальнейшего термического разложения до низкомолекулярных кислородсодержащих соединений (уксусная кислота, глиоксаль) и газов.
Селективность по размерам: Размер пор может быть подобран так, чтобы доступны были только мономеры и олигомеры целлюлозы, но затруднен доступ или выход более крупных молекул, склонных к образованию смол, или, наоборот, ускоряться выход летучих ангидросахаров.

Формируемая компетенция	**Индикаторы сформированности компетенции**
ОПК-2 Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и мате риалов, исследование, индикаторами достижения которой является.	ОПК-2.1. Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники без опасности; З • ОПК-2.2 Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик; • ОПК-2.4. Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования

Задание 1. При работе с концентрированной серной кислотой в процессе гидролиза целлюлозы необходимо использовать:

1. Только хлопчатобумажный халат
2. Защитные очки, перчатки и кислотостойкий фартук
3. Респиратор и звукоизолирующие наушники
4. Только перчатки

Ответ:2

Задание 2. Основной целью стадии «нейтрализации» после кислотного гидролиза растительного сырья является:

1. Увеличение скорости реакции
2. Связывание остатков кислоты для прекращения деструкции сахаров и коррозии оборудования
3. Увеличение выхода фурфурола
4. Осаждение лигнина

Ответ: 2

Задание 3. Для измерения оптической плотности окрашенного раствора, полученного при анализе содержания редуцирующих сахаров в гидролизате, используется:

1. Рефрактометр
2. Спектрофотометр
3. Вискозиметр
4. г) Поляриметр

Ответ: 2

Задача 4. Утверждение: «Отработанный тетрагидрофуран (ТГФ), использованный для экстракции липидов, можно выливать в раковину с большим количеством воды».

1. Неверно
2. Верно

Ответ: 1

Задание 5. Утверждение: «При проведении пиролиза древесины в лабораторных условиях можно использовать обычную стеклянную колбу, если, нагрев вести медленно».

1. - Неверно
2. Верно

Ответ: 1

Задание 6. Какие меры безопасности являются обязательными при проведении синтеза биодизеля (трансэтерификации растительного масла) с использованием метанола и щелочного катализатора? (Выберите два или более варианта)

1. Работать под тягой, так как метанол летуч и токсичен
2. Использовать защитные очки и перчатки для предотвращения ожогов от щелочи и спирта
3. Проводить синтез в открытом сосуде для наблюдения за реакцией
4. Нагревать реакционную смесь на открытом пламени

Ответ: 1, 2

Задание 7. Какое оборудование используется для исследования термодеструкции образца лигнина? (Выберите два или более варианта)

1. Дериватограф (ТГА-анализатор)
2. Рефрактометр
3. Дифференциальный сканирующий калориметр (ДСК)
4. Спиртометр

Ответ: 1, 3

Задание 8. Установите соответствие между химическим веществом и основными средствами индивидуальной защиты (СИЗ) при работе с ним:

Химическое вещество	Средства индивидуальной защиты
1. Порошок гидроксида натрия (NaOH)	А. Фартук, перчатки и защитная маска/очки для защиты от пыли
2. Концентрированная соляная кислота (HCl)	Б. Кислотостойкий фартук, перчатки, очки и работа под тягой
3. Фурфурол	В. Перчатки, очки, работа под тягой (вредные пары)
4. Этилацетат	Г. Перчатки, очки, работа под тягой (легколетучий, горючий)

Ответ: 1 - А, 2 - Б, 3 - В, 4 - Г

Задание 9. Установите соответствие между процессом переработки и основным лабораторным оборудованием для его проведения:

Процесс переработки	Лабораторное оборудование
1. Экстракция липидов из масличных семян	А. Сокслетный аппарат
2. Определение элементного состава бионефти	Б. Элементный анализатор (CHNS-анализатор)
3. Фракционная перегонка жидких продуктов пиролиза	В. setup для перегонки с дефлегматором
4. Изучение молекулярной массы компонентов лигнина	Г. Гель-проникающий хроматограф (ГПХ)

Ответ: 1 - А, 2 - Б, 3 - В, 4 - Г

Задание 10. Установите правильную последовательность операций при получении биодизеля в лаборатории:
1. Слив образовавшегося слоя биодизеля (верхний слой)
2. Нагревание и перемешивание смеси при заданной температуре в течение 1-2 часов
3. Тщательное перемешивание метанола с катализатором (NaOH/KOH) для получения метилата
4. Добавление метилата к предварительно нагретому растительному маслу
5. Отстаивание реакционной смеси в делительной воронке для разделения фаз

Ответ: 3, 4, 2, 5, 1

Задание 11. Расположите этапы подготовки пробы лигнина к анализу его функциональных групп методом ИК-Фурье спектроскопии в правильном порядке:
1. Поместить таблетку в держатель спектрофотометра и записать спектр
2. Тщательно измельчить лигнин в агатовой ступке с бромидом калия (KBr)
3. Отобрать точную навеску высушенного лигнина
4. Спектральный чистый KBr прогреть в сушильном шкафу для удаления влаги
5. Спрессовать полученную порошкообразную смесь в вакуумном прессе для получения прозрачной таблетки

Ответ: 4, 3, 2, 5, 1

Задание 12. Какой тип огнетушителя является наиболее предпочтительным для тушения возгорания органических растворителей (например, гексана) в лаборатории?
Ответ: Порошковый или углекислотный (ОУ)

Задание 13. Какой процесс лежит в основе выделения целлюлозы из растительной ткани при получении «беленой целлюлозы»?
Ответ: Делигнификация (или щелочная варка, сульфатная варка)

Задание 14. Вам поручено провести кислотный гидролоз сосновых опилок с использованием 5% раствора серной кислоты (H_2SO_4). Опишите план проведения эксперимента, уделив особое внимание:
а) Подготовке лабораторного оборудования и мерам безопасности.
б) Последовательности операций при проведении синтеза.
в) Правильной утилизации отходов после эксперимента.

Примерный ответ:
План проведения эксперимента:

а) Подготовка и безопасность:
Оборудование: Колба с круглым дном, обратный холодильник, нагревательная плитка с магнитной мешалкой, термометр, средства для фильтрования.
СИЗ: Обязательно надеть защитные очки, кислотостойкие перчатки и фартук. Все работы проводить в вытяжном шкафу.
Реактивы: Заранее приготовить 5% раствор H_2SO_4, осторожно добавляя кислоту в воду (не наоборот!) для избежания разбрызгивания.

б) Последовательность операций:
1. Поместить навеску опилок в колбу с круглым дном.
2. Добавить рассчитанный объем 5% раствора H_2SO_4.
3. Собрать установку: колба -> обратный холодильник (для конденсации паров).
4. Нагревать реакционную смесь при температуре 100-120°C на плитке с магнитной мешалкой в течение заданного времени (например, 2 часа).
5. После завершения реакции охладить колбу до комнатной температуры.
6. Отфильтровать полученный гидролизат для отделения твердого остатка (гидролизного лигнина).
7. Нейтрализовать фильтрат (гидролизат) до pH ~5-6 с помощью карбоната кальция ($CaCO_3$) или гидроксида кальция ($Ca(OH)_2$) для прекращения реакции и подготовки к дальнейшему анализу.

в) Утилизация отходов:
Твердый остаток (лигнин): Собрать в контейнер для твервых химических отходов.
Нейтрализованный раствор: После нейтрализации и проверки pH может быть направлен в специальный сток для жидких отходов, если это разрешено правилами лаборатории.
Остатки кислоты и щелочи: Сливать в одну емкость запрещено. Собирать в отдельные промаркированные емкости для последующей нейтрализации и утилизации.

Задание 15. Вам необходимо исследовать состав жидких продуктов быстрого пиролиза соломы. Предложите методику с использованием серийного научного оборудования (укажите, какое оборудование и в какой последовательности вы будете использовать). Обоснуйте выбор методов и ожидаемую получаемую информацию.

Примерный ответ:
Методика исследования:

Для комплексного анализа состава бионефти из соломы целесообразно использовать комбинацию методов:

1. Газовая хроматография с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС):
Процедура: Проба бионефти предварительно растворяется в подходящем органическом растворителе (например, ацетоне или метаноле). Небольшой объем раствора вводится в инжектор ГХ-МС. Происходит хроматографическое разделение компонентов, каждый из которых идентифицируется по масс-спектру.
Обоснование и информация: Это ключевой метод для качественного и полуколичественного анализалетучих и полулетучих компонентов. Он позволит идентифицировать сотни соединений: кислоты (уксусная), альдегиды и кетоны (фурфурол, гидроксиметилфурфурол), фенолы (продукты распада лигнина), ангидросахара (левоглюкозан в производной форме) и др.

2. Элементный анализ (CHNS-анализатор):

Процедура: Точная навеска бионефти сжигается в потоке кислорода, и образующиеся газы (CO_2, H_2O, SO_2, N_2) количественно определяются.
Обоснование и информация: Метод дает точные данные о содержании углерода, водорода, азота и серы. Это критически важно для оценки теплотворной способности топлива и содержания вредных примесей (сера, азот).

3. Определение влажности по Карлу Фишеру:
Процедура: Проба бионефти титруется в безводной среде специальным реактивом Фишера.
Обоснование и информация: Бионефть гигроскопична и часто содержит значительное количество воды, что влияет на ее коррозионную активность и стабильность при хранении. Этот метод дает точное значение содержания воды.

Ожидаемый результат: Комбинация этих методов позволит получить исчерпывающую характеристику бионефти: ее элементный состав, влагосодержание и детальный химический состав, что необходимо для оценки ее качества и определения направлений последующей модернизации.

Формируемая компетенция	**Индикаторы сформированности компетенции**
ПК-1. Владеет системой фундаментальных химических понятий и законов, индикаторами достижения которой является:	• ПК-1.1 Понимает основные принципы, законы, методологию изучаемых химических дисциплин, теоретические основы физических и физико-химических методов ис следования; • ПК-1.2 Использует фундаментальные химические понятия в своей профессио нальной деятельности; • ПК-1.3 Интерпретирует полученные результаты, используя базовые понятия хи мических дисциплин

Задание 1. Какой фундаментальный химический закон лежит в основе материального баланса процесса пиролиза древесины?

1. Закон действующих масс
2. Закон сохранения массы
3. Закон Гесса
4. Закон эквивалентов

Ответ: 2

Задание 2. Основным мономером, образующим природный полимер целлюлозу, является:

1. Глюкоза
2. Фруктоза
3. β-Глюкоза
4. α-Глюкоза

Ответ: 3

Задание 3. Гидролиз целлюлозы до глюкозы является примером реакции:

1. Полимеризации
2. Деструкции

3. Изомеризации
4. Окисления

Ответ: 2

Задание 4. Утверждение: «Элементный состав лигнина характеризуется высоким содержанием углерода по сравнению с целлюлозой».

1. Верно
2. Неверно

Ответ: 1

Задание 5. Утверждение: «Процесс экстракции растительного сырья основан на различии температур кипения растворенного вещества и растворителя».

1. Неверно
2. Верно

Ответ: 1

Задание 6. Какие процессы относятся к основным видам химической переработки древесной биомассы? (Выберите два или более варианта)

1. Строгание
2. Гидролиз
3. Пиролиз
4. Фрезерование
5. Делигнификация
6. Растворение водой

Ответ: 2, 3, 5

Задание 7. Какие факторы влияют на скорость кислотного гидролиза целлюлозы в соответствии с законом действующих масс? (Выберите два или более варианта)

1. Концентрация ионов водорода (H^+)
2. Цвет древесины
3. Температура процесса
4. Плотность древесины
5. Тип древесины
6. Атмосферное давление

Ответ: 1, 3

Задание 8. Установите соответствие между видом растительного сырья и основным целевым продуктом его химической переработки:

Сырье	Продукт
1. Семена подсолнечника	А. Этанол
2. Древесина сосны	Б. Канифоль
3. Кукурузный крахмал	В. Подсолнечное масло
4. Хлопковая шелуха	Г. Фурфурол

Ответ: 1 - В, 2 - Б, 3 - А, 4 - Г

Задание 9. Установите соответствие между химическим процессом и его определением:

Процесс	Определение

1. Гидролиз	А. Термическое разложение органических материалов без доступа кислорода
2. Пиролиз	Б. Реакция обмена функциональными группами между сложным эфиром и спиртом
3. Этерификация	В. Реакция взаимодействия вещества с водой, приводящая к его разложению
4. Трансэтерификация	Г. Реакция образования сложных эфиров при взаимодействии кислоты и спирта

Ответ: 1 - В, 2 - А, 3 - Г, 4 - Б

Задание 10. Установите правильную последовательность стадий получения этилового спирта из крахмалосодержащего сырья (например, зерна):
1. Осахаривание мальтозы до глюкозы
2. Спиртовое брожение глюкозы
3. Гидротермическая обработка и клейстеризация крахмала
4. Ферментативный гидролиз крахмала до мальтозы (сахарификация)
5. Дистилляция зрелой бражки

Ответ: 3, 4, 1, 2, 5

Задание 11. Расположите стадии классического сульфатного (крафт) процесса делигнификации древесины в правильном порядке:
1. Варочный процесс со "белым щелоком" ($NaOH + Na_2S$)
2. Отбелка целлюлозы
3. Обработка «черного щелока» в регенерационном цикле
4. Измельчение древесного сырья в щепу
5. Отбивка и промывка целлюлозной массы

Ответ: 4, 1, 5, 2, 3

Задание 12. Назовите основной химический компонент, удаляемый из древесины в процессе делигнификации.
Ответ: Лигнин

Задание 13. Какой гетероциклический альдегид образуется в результате кислотного гидролиза пентозансодержащего сырья (например, подсолнечной лузги)?
Ответ: Фурфурол

Задание 14. Опишите, как фундаментальный «закон действующих масс» проявляется в процессе кислотного гидролиза целлюлозы. Какие факторы, согласно этому закону, позволяют управлять скоростью реакции и выходом глюкозы?

Ответ:
Закон действующих масс устанавливает зависимость скорости химической реакции от концентраций реагентов. В случае кислотного гидролиза целлюлозы (реакция гетерогенная, но для упрощения кинетики часто рассматривают гомогенную модель), скорость реакции пропорциональна концентрации ионов водорода $[H^+]$ (катализатор) и «доступной» концентрации гликозидных связей в целлюлозе. Управление процессом осуществляется через:

- Концентрацию кислоты: Повышение концентрации кислоты увеличивает $[H^+]$, что, согласно закону, ускоряет гидролиз.
- Температуру: Рост температуры увеличивает константу скорости реакции (k), что также ускоряет процесс.

- Время процесса: Для смещения равновесия в сторону продуктов (глюкозы) необходимо контролировать время, чтобы минимизировать вторичные реакции разложения глюкозы в кислой среде.

Таким образом, закон действующих масс является теоретической основой для оптимизации параметров гидролиза (T, $[H^+]$, t) с целью достижения максимального выхода целевого продукта.

Задание 15. Объясните, основываясь на «законе сохранения энергии (первом начале термодинамики)»и законе Гесса, почему процесс пиролиза древесины требует первоначального внешнего энергетического импульса и может в дальнейшем протекать автотермически.

Ответ:
Первый закон термодинамики (закон сохранения энергии) гласит, что энергия не возникает и не исчезает, а только переходит из одной формы в другую.
Закон Гесса утверждает, что тепловой эффект реакции зависит только от начального и конечного состояния системы и не зависит от пути процесса.
При пиролизе древесины происходят эндотермические реакции деполимеризации и крекинга (например, разложение целлюлозы и лигнина), которые требуют подвода тепла. Согласно первому началу термодинамики, этот дефицит энергии должен быть восполнен извне – отсюда необходимость первоначального внешнего энергетического импульса.
Однако параллельно идут и экзотермические реакции (например, вторичные реакции уплотнения и обугливания, образование части смол). Согласно закону Гесса, общий тепловой эффект всего комплекса реакций пиролиза может быть рассчитан. На практике для многих видов биомассы экзотермических реакций оказывается достаточно, чтобы после инициализации процесса компенсировать эндотермические стадии и поддерживать температуру без дополнительного подвода тепла извне. Таким образом, система переходит в автотермический режим, где энергия, выделяющаяся в одних реакциях, потребляется в других, что является прямым следствием фундаментальных законов термодинамики.

Комплект заданий для контрольной работы
Контрольная работа № 1
Вариант 1

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

2. Написать постадийно реакцию полимеризации мономера 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 (мольное 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 распределения (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 инициирующей смеси $Fe^{+2} + H_2O_2$:

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.

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. Высокоэластическое состояние. Характеристика и особенности. Теории высокоэластичности.

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»;
- 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 программыдля 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.su/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 2026/2027 уч. г.

РПД пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026/2027 уч. г. на заседании кафедры химии (протокол № 8 от 28 мая 2026 г.).