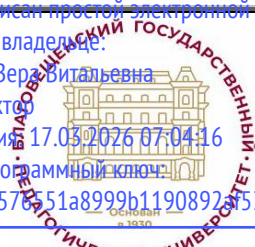



Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Щёкина Вера Битальевна  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 17.03.2026 07:04:16  
Уникальный программный ключ:  
a2232a55157e576551a8999b1190892af53989420420336ffbf573a434e57789

	<b>МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ</b>
	<b>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Благовещенский государственный педагогический университет»</b>
	<b>ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА Рабочая программа дисциплины</b>

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан естественно-географического  
факультета ФГБОУ ВО «БГПУ»

 **И.А. Трофимова**

«29» мая 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины  
«ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ»**

**Направление подготовки  
44.03.05 ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ  
(с двумя профилями подготовки)**

**Профиль  
«БИОЛОГИЯ»**

**Профиль  
«ХИМИЯ»**

**Уровень высшего образования  
БАКАЛАВРИАТ**

**Принята на заседании кафедры химии  
(протокол № 8 от «22» мая 2024 г.)**

**Благовещенск 2024**

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....</b>	<b>3</b>
<b>2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ) .....</b>	<b>5</b>
<b>4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>6</b>
<b>5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>8</b>
<b>6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ(САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА.....</b>	<b>22</b>
<b>7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ .....</b>	<b>22</b>
<b>8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ .....</b>	<b>30</b>
<b>9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ .....</b>	<b>30</b>
<b>10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА .....</b>	<b>31</b>
<b>11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ .....</b>	<b>33</b>

## 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 предметного модуля по профилю «Химия» части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 (Б1.В.02.03).

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

### 1.3 Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- **ПК-2.** Способен осуществлять педагогическую деятельность по профильным предметам (дисциплинам, модулям) в рамках программ основного общего и среднего общего образования.

• ПК-2.2 Применяет основы теории фундаментальных и прикладных разделов химии (неорганической, аналитической, органической, физической, химии ВМС, химических основ биологических процессов, химической технологии) для решения теоретических и практических задач.

**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 3 зачетных единиц (далее – ЗЕ) (108 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 (очная форма обучения)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр 7
Общая трудоемкость	108	108
Контактная работа	64	64
Лекции	26	26
Лабораторные работы	38	38
Самостоятельная работа	44	44
Вид итогового контроля:		зачёт

## 2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

### Учебно-тематический план (очная форма обучения)

№	Наименование тем (разделов)	Всего часов	Аудиторные занятия		Самостоятельная работа
			Лекции	Лабораторные занятия	
<b>I</b>	<b>Общие сведения о высокомолекулярных соединениях</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
1.	Основные понятия и определения. Классификация полимеров		2		2
2.	Свойства макромолекул		2		2
3.	<i>Лабораторная работа 1. Качественный элементный анализ полимера.</i>			4	2
4.	<i>Лабораторная работа 2. Определение функциональных групп в составе полимера.</i>			4	2
<b>II</b>	<b>Синтез полимеров</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
5.	Радикальная и ионная полимеризация		3		2
6.	Сополимеризация		2		2
7.	Поликонденсация		2		2
8.	<i>Лабораторная работа 3. Получение полистирола методом полимеризации</i>			4	2
9.	<i>Лабораторная работа 4. Получение полиэтиленталата конденсацией этиленгликоля и фталевого ангидрида</i>			4	2
10.	<i>Лабораторная работа 5. Синтез термостабилизатора ПВХ и оценка его эффективности</i>			4	2
<b>III</b>	<b>Химические свойства макромолекул</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
11.	Реакции, не приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул		3		2
12.	Реакции, приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул		3		2
13.	<i>Лабораторная работа 6. Определение содержания метилметакрилата</i>			4	2
14.	<i>Лабораторная работа 7. Изучение эпоксидной смолы</i>			4	2
15.	<i>Лабораторная работа 8. Деструкция и денатурация природных полимеров</i>			2	2
<b>IV</b>	<b>Структура и физико-механические свойства полимерных тел</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>6</b>
16.	Агрегатные, фазовые и физические состояния полимеров		3		4

17.	<i>Лабораторная работа 9. Изучение кинетики набухания шитых полимеров</i>			2	2
<b>V</b>	<b>Растворы высокомолекулярных соединений</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>4</b>
18	Термодинамика растворов полимеров.		2		2
19	Свойства растворов полимеров		2		2
<b>VI</b>	<b>Важнейшие представители полимеров и их получение в промышленности</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
20	Пластомеры, эластомеры, синтетические волокна, лакокрасочные материалы		2		2
21	<i>Лабораторная работа 10. Химические свойства волокон</i>			4	2
<b>ИТОГО</b>		<b>108</b>	<b>26</b>	<b>38</b>	<b>44</b>

### Интерактивное обучение по дисциплине

№	Наименование тем (разделов)	Вид занятия	Форма интерактивного занятия	Кол-во часов
1.	<i>Лабораторная работа 1. Качественный элементный анализ полимера.</i>	ЛР	кейс-задание	4
2.	<i>Лабораторная работа 2. Определение функциональных групп в составе полимера.</i>	ЛР	проект	4
3.	<i>Лабораторная работа 8. Деструкция и денатурация природных полимеров</i>	ЛР	кейс-задание	2
4.	<i>Лабораторная работа 10. Химические свойства волокон</i>	ЛР	проект	4
<b>ИТОГО</b>		<b>14/38=36,84 %</b>		

### 3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ)

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

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. Степень полимеризации и контурная длина цепи. Полидисперсность. Усредненные молекулярные массы (среднечисловая и среднемассовая). Конфигурация, стереохимия и конформация цепи.

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

Связь гибкости макромолекул с их химическим строением: факторы, влияющие на гибкость реальных цепей. Упорядоченные конформации изолированных макромолекул (полипептиды, белки, нуклеиновые кислоты).

#### СИНТЕЗ ПОЛИМЕРОВ

Радикальная полимеризация. Иницирование радикальной полимеризации. Типы

инициаторов. Реакции роста, обрыва и передачи цепи. Влияние температуры и концентрации инициаторов на скорость радикальной полимеризации, молекулярную массу и молекулярно-массовое распределение полимера. Сополимеризация. Относительная реакционная способность мономеров. 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.

Поликонденсация. Типы реакций поликонденсации. Основные различия полимеризационных и поликонденсационных процессов. Проведение поликонденсации в расплаве, растворе и на границе раздела фаз.

#### ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАКРОМОЛЕКУЛ

Особенности химического поведения макромолекул. Химические реакции, не приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул. Полимераналогичные и внутримолекулярные превращения. Примеры использования полимераналогичных превращений и внутримолекулярных реакций для получения новых полимеров.

Химические реакции, приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул. Межмолекулярные реакции. Сшивание полимерных цепей. Вулканизация каучуков. Механизм вулканизации. Дубление кожи. Формование полимерных изделий из реакционноспособных олигомеров (отверждение). Эпоксидные смолы. Клеи.

Деструкция. 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.

#### 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. Высокоэластическое состояние. Вязкотекучее состояние.

#### РАСТВОРЫ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Поведение макромолекул в растворе и его особенности по сравнению с поведением низкомолекулярных веществ. Отклонения от идеальности и их причины. Неограниченное и ограниченное набухание.

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.

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

Важнейшие представители пластомеров: полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид, политетрафторэтилен, полиакрилаты, поликарбонаты, фенопласты, аминопласты.

Эластомеры (краткие характеристики и области применения): каучуки, полисилоксаны, полиуретаны.

Синтетические волокна: полиэфиры, полиамиды, полиакрилонитрил.

Лакокрасочные материалы: глифталевые и пентафталевые смолы, поливинилацетат.

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

Рабочая программа призвана помочь студентам естественно-географического факультета в организации самостоятельной работы по освоению дисциплины «Высокомоле-

кулярные соединения». Химия высокомолекулярных соединений – одна из самостоятельных фундаментальных областей знаний.

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

Раздел «Растворы высокомолекулярных соединений» посвящен растворам 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 «Высокомолекулярные соединения», 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 наряду с усвоением теоретического материала особое внимание следует обратить на следующие моменты:

1. Выучить специфические термины, определения и понятия, которые используются в дисциплине «Высокомолекулярные соединения».
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

№	Наименование раздела (темы)	Формы/виды самостоятельной работы	Количество часов, в соответствии с учебно-тематическим планом
1.	Общие сведения о высокомолекулярных соединениях	Изучение основной и дополнительной литературы	4
2.	Синтез полимеров	Изучение основной и дополнительной литературы, оформление лабораторной работы и подготовка отчета. Выполнение индивидуального задания в СЭО	12
3.	Химические свойства макромолекул	Изучение основной и дополнительной литературы, оформление лабораторной работы и подготовка отчета. Выполнение индивидуального задания в СЭО.	10
4.	Структура и физико – механические свойства полимерных тел	Изучение основной и дополнительной литературы, оформление лабораторной работы и подготовка отчета. Выполнение индивидуального задания в СЭО.	6
5.	Растворы высокомолекулярных соединений	Изучение основной и дополнительной литературы, оформление лабораторной работы и подготовка отчета. Выполнение индивидуального задания в СЭО.	4
6.	Важнейшие представители полимеров и их получение в промышленности	Изучение основной и дополнительной литературы, оформление лабораторной работы и подготовка отчета. Выполнение индивидуального задания в СЭО.	4
<b>ИТОГО</b>			<b>44</b>

#### 5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### План лабораторных работ

№	Тема занятия	Тема лабораторной работы	Всего часов
1.	Общие сведения о высокомолекулярных соединениях	Качественный элементный анализ полимера.	4
		Определение функциональных групп в составе полимера.	4
2	Синтез полимеров	Получение полистирола методом полимеризации	4
		Получение полиэтиленфталата конденсацией этиленгликоля и фталевого ангидрида	4
		Синтез термостабилизатора ПВХ и оценка его эффективности	4

3.	Химические свойства макромолекул	Определение содержания метилметакрилата	4
		Изучение эпоксидной смолы	4
		Деструкция и денатурация природных полимеров	2
4.	Структура и физико-механические свойства полимерных тел	Изучение кинетики набухания сшитых полимеров	2
5.	Важнейшие представители полимеров и их получение в промышленности	Химические свойства волокон	4
<b>ИТОГО</b>			<b>38</b>

### Лабораторная работа № 1

#### Качественный элементный анализ полимера

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

#### Опыт 1. Разложение по методу Лассеня

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

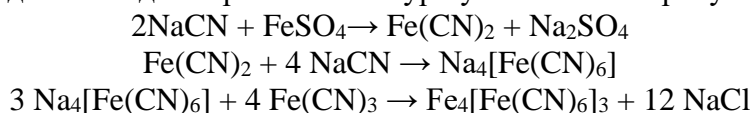
Пробирку медленно нагревают, нагревание продолжают до красного каления и полного растворения полимера.

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

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

##### 1.1 Обнаружение азота

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



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

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

##### 1.2 Обнаружение серы

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

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

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

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

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

**1.5. Обнаружение фосфора.** Исследуемый раствор подкисляют азотной кислотой, добавляют 1-3 мл 34%-ного раствора нитрата аммония и нагревают до кипения. 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<sub>3</sub> и (NH<sub>4</sub>)MoO<sub>4</sub>. 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

#### **Вопросы к лабораторной работе**

1. Перечислите основные особенности свойств высокомолекулярных соединений, отличающие их от свойств низкомолекулярных соединений.

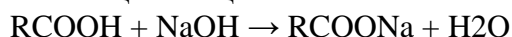
### **Лабораторная работа № 2**

#### **Определение функциональных групп в составе полимера**

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

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

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



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

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

#### **Ход определения**

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

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

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

Содержание карбоксильных групп вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 0,0045 \cdot 100}{g}$$
, где  $V_1$  – объем 0,1Н щелочи, израсходованной на титрование рабочей пробы, см<sup>3</sup>;  $V_2$  – объем 0,1Н щелочи, израсходованной на титрование контрольной пробы, см<sup>3</sup>;

0,0045 — количество COOH групп, соответствующее 1 см<sup>3</sup> точно 0,1Н раствора щелочи, г;

$g$  – навеска вещества, г.

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

Кислотное число (КЧ) рассчитывают по формуле:

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

$$КЧ = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 0,00561 \cdot 1000}{g}$$
, где 0,00561 — титр 0,1Н раствора KOH, г/см<sup>3</sup>.

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

### Лабораторная работа № 3

#### Получение полистирола методом полимеризации

##### 3.1. Полимеризация стирола в массе при различных концентрациях инициатора

Реактивы: стирол - 20 мл, пероксид бензоила - по заданию.

**Посуда и приборы:** цилиндрические пробирки (10 мл) с пробками - 3 шт., стаканы химические (50 мл) - 9 шт., пипетки (10 мл) - 3 шт., шпатель, металлический штатив для пробирок, термостат, рефрактометр, аналитические весы.

**Цель работы:** Определение зависимости скорости радикальной полимеризации стирола от концентрации инициатора.

##### Выполнение работы

1. В три пробирки с пробками помещают по 4-5 г стирола и добавляют соответственно 0,5, 1,0 и 1,5 % (от массы мономера) инициатора. Навески инициатора взвешивают с точностью до четвертого знака после запятой.

2. Пробирки с растворами вставляют в гнезда металлического штатива, который помещают в термостат, предварительно нагретый до 90°C.

3. Через 10 мин. после начала термостатирования извлекают штатив из термостата, быстро отбирают с помощью пипетки из каждой пробирки в отдельный стаканчик пробу (приблизительно по 0,5 мл полимеризующейся массы). Штатив с пробирками снова помещают в термостат.

4. После охлаждения отобранных проб определяют их показатель преломления с помощью рефрактометра.

5. Операции 3 и 4 повторяют еще 4-5 раз.

Рефрактометрический метод определения выхода полимера основан на измерении показателя преломления реакционной смеси ( $n_D^{20}$ ) в ходе полимеризации, различающегося для мономера и полимера.

Зная показатель преломления, с помощью табл. 1 находят выход полимера ( $X$ ) к моменту отбора пробы. Полученные значения вносят в табл. 2.

Таблица 1. Значения показателя преломления реакционной смеси от степени выхода полистирола

$X, \%$	$n_D^{20}$	$X, \%$	$n_D^{20}$	$X, \%$	$n_D^{20}$
0	1.5420	11	1.5475	21	1.5518
2	1.5429	12	1.5482	22	1.5520
3	1.5435	13	1.5488	23	1.5523
4	1.5441	14	1.5492	24	1.5525
5	1.5446	15	1.5495	25	1.5528
6	1.5451	16	1.5500	26	1.5531
7	1.5455	17	1.5504	27	1.5534
8	1.5461	18	1.5508	28	1.5537
9	1.5465	19	1.5511	29	1.5540
10	1.5468	20	1.5515	30	1.5543

Таблица 2. Форма записи результатов

Время полимеризации $t$ , мин.	Пробирка 1		Пробирка 2		Пробирка 3	
	$n_D^{20}$	$X, \%$	$n_D^{20}$	$X, \%$	$n_D^{20}$	$X, \%$
10						
20						
30						
40						
50						
60						

Задания:

1. На основании данных табл. 2 постройте кинетические кривые зависимости выхода полистирола от времени полимеризации  $X=f(t)$  при трех концентрациях инициатора.

2. Сделайте качественный вывод о зависимости скорости реакции полимеризации от количества инициатора.

#### Лабораторная работа № 4

##### Получение полиэтиленфталата конденсацией этиленгликоля и фталевого ангидрида

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

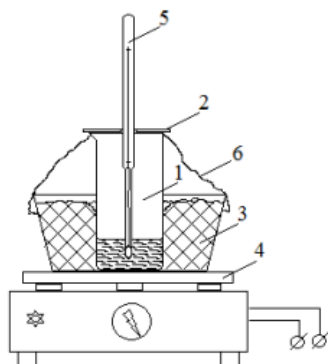
Реактивы и материалы:

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

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

Ход выполнения:

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



По достижению температуры 130-135°, ее поддерживают периодической регулировкой нагрева или изменением мощности нагрева плитки в течение 1 часа. Реакционная масса превращается вязкий расплав. Затем температуру поднимают до 180 °С. Образующиеся на стенках стакана и внутренней поверхности крышки кристаллы ангидрида следует периодически счищать и перемешивать с реакционной массой. Эту операцию обязательно следует выполнять перед отбором проб для определения кислотного числа (КЧ), среднечисловой молекулярной массы  $\overline{M}_n$  и средней степени полимеризации  $\overline{n}$ . Пробы отбирают по достижении температуры массы 135 °С, а затем – каждые 30 минут в течение всего процесса. Для этого с шарика термометра, извлечённого из стакана, аккуратно переносят на предварительно взвешенный кусочек кальки 0,2–0,3 г реакционной массы. Точную массу пробы определяют по привесу. Для каждого времени отбирают 2 параллельные пробы. По завершении процесса определяют выход продукта по разнице масс стакана после синтеза и до загрузки реагентов, учитывая массы отобранных проб.

КЧ определяют следующим образом. Точно взвешенную пробу с кусочком кальки переносят в конус, добавляют 20–30 мл спиртобензольной 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:

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

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

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

Среднечисловую молекулярную массу рассчитывают по формуле:

$$\overline{M}_n = \frac{1000 \cdot g}{(V_1 - V_2) \cdot N} = \frac{56100}{\text{КЧ}}$$

Среднюю степень полимеризации находят по соотношению:

$$\overline{n} = \frac{\overline{M}_n}{M_{\text{спз}}} = \frac{56100}{\text{КЧ} \cdot M_{\text{спз}}}, \text{ где}$$

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

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

Таблица 1. Данные аналитического контроля процесса получения и характеристики полиэфира

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

### Вопросы

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 этухарактеристику? Как определяют КЧ?
5. Какие технологические факторы влияют на молекулярную массупродуктов поликонденсации?
6. В чём состоят особенности промышленного способа полученияполиэтилентерефталата и чем они обусловлены?
7. В каких областях практического применения, и в каких материалахиспользуют полиэфиры?

### Лабораторная работа № 5

#### Синтез термостабилизатора ПВХ и оценка его эффективности

**Цель:** ознакомиться с принципами ингибирования термодеструкцииполивинилхлорида.

#### 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 высокийна 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 °C;  
 баня глицериновая (стакан лабораторный на 0,5–1,0 л с техническимглицерином);

вакуумный насос водоструйный; термошкаф; часы или секундомер.

### Порядок выполнения работы

Вид стабилизатора уточняет преподаватель перед допуском к работе.

#### Часть I

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

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

#### Часть II

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

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

#### **Вопросы**

1. Какие существуют методы и способы получения ПВХ?
2. Чем обусловлена причина низкой термостойкости ПВХ и каков механизм процесса его термодеструкции?
3. Какой химизм термостабилизации ПВХ синтезированным в работе соединением?
4. Какие соединения используют (могут быть использованы) в качестве термостабилизаторов ПВХ и какие химические реакции обуславливают их применение?
5. Почему в работе использован двухстадийный способ синтеза термостабилизатора?

6. Какие химические процессы лежат в основе оценки эффективности синтезированного термостабилизатора?
7. Какие основные области применения ПВХ известны и чем обусловлено разнообразие свойств полимерных материалов на основе ПВХ?

### Лабораторная работа № 6

#### Определение содержания метилметакрилата

**Цель:** определить содержание метилметакрилата в изучаемом образце.

Метод основан на нахождении эфирного числа анализируемого образца мономера. Для нахождения эфирного числа необходимо определить кислотное число и число омыления.

##### 6.1 Определение кислотного числа

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

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

Ход определения

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

Анализируют две пробы. Из полученных результатов находят среднее значение.

Содержание метакриловой кислоты X(%) рассчитывают по формуле:

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

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

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

g – навеска образца, г.

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

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

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

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

##### 6.2. Определение числа омыления

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

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

Ход определения

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

Анализируют две пробы, из полученных результатов принимают среднее значение.

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

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

$V_1$  – объем 0,5Н раствора HCl, израсходованного на титрование контрольной пробы, см<sup>3</sup>;

$V_2$  – объем 0,5Н раствора HCl, израсходованного на титрование рабочей пробы, см<sup>3</sup>.

0,028 — титр 0,5Н раствора KOH, г/см<sup>3</sup>;

$g$  – навеска образца, г.

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

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

### Лабораторная работа № 7

#### 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, объемом 100-250 мл, стакан объемом 100 мл, пипетки на 2-25 мл, мерный цилиндр на 100 мл, стеклянные палочки, фильтровальная бумага, бюретки для титрования.

**Ход определения**

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

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

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

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

Эпоксидное число (ЭЧ) в процентах вычисляют по формуле:

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

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

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

$$C_3(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = C_3(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})$$

Поправка к титру показывает, во сколько раз концентрация приготовленного раствора больше или меньше 0,1 н, то есть,  $F = 0,1 / C_3(\text{NaOH})$ .

*Расчёт количества отвердителя.*

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



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.

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

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

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

### 8.7. Получение растительного пергамента (амилоида)

В три фарфоровые чашки наливают:

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

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

## Лабораторная работа № 9

### Изучение кинетики набухания сшитых полимеров

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

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

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

#### Порядок выполнения работы

Из резиновой пластины вырезают две прямоугольные полоски массой от 50 до 80 мг. Включают весы и определяют массу образцов. После взвешивания образец резины помещают в бюкс, содержащий 5 см<sup>3</sup> одного из растворителей, одновременно включая секундомер. Бюкс герметично закрывают, образец выдерживают в растворителе в течение 5 мин, затем вынимают из бюкса пинцетом, излишки растворителя с поверхности образца удаляют фильтровальной бумагой и взвешивают на электронных весах. После взвешивания набухший образец снова опускают в бюкс с растворителем и включают секундомер. Время выдержки образца устанавливают 5 мин. В дальнейшем время набухания устанавливается равным 5, 5, 10, 10, 10, 10, 15, 15 мин и далее, если требуется, по 15 мин. Измерения прекращают, когда различия в массах набухшего образца для трех последних измерений превышают 3 мг.

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

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

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

### **Задание**

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

## **Лабораторная работа № 10** **Химические свойства волокон**

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

### **10.1. 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?

### **10.2. 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 стенку пробирки стеклянной палочкой.

Половину каждого образца высушить без промывки на воздухе или в сушильном шкафу (по заданию преподавателя), а другую половину – высушить после тщательной про-

мывки водой (в аналогичных условиях). Сравнить органолептически прочность обработанных образцов на разрыв.

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

*Контрольные вопросы*

1. Каковы формулы полимеров, входящих в состав хлопка, эфирцеллюлозных волокон, капрона?
2. Как влияет 3%-ный раствор уксусной кислоты на прочность изученных волокон без последующей промывки и после промывки?

### **10.3. 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 волокон.

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?

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

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

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

**Порядок выполнения опыта.** Образцы волокон поместить в пробирки, прилить 2-3 мл раствора гипохлорита натрия или хлорной извести в концентрации 5 г/л активного хлора (*волокна выдаются по заданию преподавателя*). Обработку вести 15 минут при комнатной температуре, после чего образцы тщательно промыть водой, затем бисульфитом натрия для удаления следов хлора и вновь водой. Высушить в сушильном шкафу при 60-80°C. Аналогичный опыт провести без промывки образцов после обработки окислителем.

*Контрольные вопросы*

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

### **10.5. 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*

1. Какова формула реактива Швейцера? Как он влияет на хлопок?
2. Для какого из эфироцеллюлозных волокон ацетон является растворителем?

## 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
ПК-2	Отчет по лабораторной работе	Низкий – не-удовлетворительно	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 –не-удовлетворительно	- 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	студент 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
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)		

### 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 зачёт.

Для оценивания результатов освоения дисциплины применяются следующие критерии оценивания.

#### Критерии оценивания устного ответа на зачете

**Оценка «зачтено»** выставляется студенту, если:

- 1) вопросы раскрыты, изложены логично, без существенных ошибок;
- 2) показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами;
- 3) продемонстрировано усвоение ранее изученных вопросов, сформированность компетенций, устойчивость используемых умений и навыков;
- 4) допускаются незначительные ошибки.

**Оценка «не зачтено»** выставляется, 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, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов;
- 4) не сформированы компетенции, умения и навыки.

#### Вопросы к зачету

1. Роль полимеров в живой природе и их значение как промышленных материалов.
2. Предмет и задачи науки о высокомолекулярных соединениях. Основные понятия и определения (полимер, олигомер, соотношение понятий “полимер” и “высокомолекулярное соединение”.
3. Основные исторические этапы развития науки о полимерах. Вклад русских и советских ученых в зарождение и развитие науки о полимерах.
4. Важнейшие свойства полимерных веществ, обусловленные большими размерами и цепным строением макромолекул. Основные отличия ВМС и НМВ.
5. Роль усредненных характеристик при описании строения и свойств полимеров. Степень полимеризации и контурная длина цепи. Полидисперсность. Усредненные молекулярные массы.

6. Молекулярно-массовое распределение.
7. Классификация полимеров (в зависимости от происхождения, химического состава, строения). Важнейшие представители.
8. Полимеризация. Классификация цепных полимеризационных процессов.
9. Радикальная полимеризация. Мономеры. Инициирование радикальной полимеризации. Инициаторы. Реакции роста, обрыва и передачи цепи. Механизм действия ингибиторов.
10. Кинетические закономерности реакции радикальной цепной полимеризации.
11. Влияние температуры, давления, концентрации инициатора и мономера на радикальную полимеризацию.
12. Реакционная способность мономеров и радикалов.
13. Ионная полимеризация. Катионная полимеризация. Характеристика мономеров, способных вступать в катионную полимеризацию. Катализаторы. Рост и ограничение роста цепей при катионной полимеризации. Влияние природы растворителя.
14. Анионная полимеризация. Характеристика мономеров, способных вступать в анионную полимеризацию. Катализаторы. Инициирование, рост и ограничение роста цепей при анионной полимеризации. “Живые” цепи.
15. Ступенчатая полимеризация. Полимеризация циклических соединений.
16. Сополимеризация.
17. Технические способы проведения полимеризации: блочная полимеризация, полимеризация в растворе, эмульсионная и суспензионная полимеризации, полимеризация в газовой и твердой фазах.
18. Типы реакций поликонденсации (примеры). Механизм реакции. Мономеры.
19. Равновесная и неравновесная поликонденсации.
20. Влияние стехиометрии, функциональности мономеров, наличия примесей на молекулярную массу продуктов и образование сетчатых структур.
21. Технические способы проведения поликонденсации.
22. Особенности химического поведения макромолекул. Полимераналогичные превращения. Примеры. Применение полимераналогичных превращений.
23. Внутримолекулярные реакции. Примеры. Применение.
24. Межмолекулярные реакции. Сшивание полимерных цепей. Вулканизация каучуков.
25. Формование полимерных изделий из реакционноспособных олигомеров. Эпоксидные клеи.
26. Деструкция полимеров под влиянием физических и химических воздействий. Механизм цепной и случайной деструкции.
27. Термическая, механическая, фотохимическая деструкция.
28. Гидролитическая и окислительная деструкции.
29. Старение полимеров в условии эксплуатации. Принципы стабилизации полимеров. Механизм действия стабилизаторов.
30. Термодинамический критерий растворимости и доказательство термодинамической равновесности растворов.
31. Фазовые диаграммы систем полимер-растворитель. Критические температуры растворения. Явления расслаивания. Неограниченное и ограниченное набухание.
32. Поведение макромолекул в растворе и его особенности по сравнению с поведением низкомолекулярных веществ. Отклонения от идеальности и их причины. Уравнение состояния полимера в растворе.
33. Зависимость растворимости от молекулярной массы. Физико-химические основы фракционирования молекул.
34. Гидродинамические свойства макромолекул в растворе и их особенности. Вязкость разбавленных растворов. Приведенная и характеристическая вязкости. Связь характеристической вязкости с молекулярной массой и со средними размерами макромолекул.

Вискозиметрия.

35. Концентрированные растворы, гели, коллоидные дисперсии полимеров. Переход от разбавленных растворов макромолекул к концентрированным. Ассоциация макромолекул и структурообразование. Особенности течения концентрированных растворов.

36. Агрегатные, фазовые и физические состояния полимеров.

37. Свойства аморфных полимеров. Три физических состояния. Термомеханические кривые аморфных полимеров. Стеклообразное состояние. Высокоэластическое состояние. Вязкотекучее состояние.

38. Пластификация полимеров. Механизм пластификации.

39. Принцип формирования ориентированных волокон и пленок из расплавов и растворов. Синтетические волокна: полиэфир, полиамиды, полиакрилонитрил.

40. Важнейшие представители пластомеров: полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид, политетрафторэтилен, полиакрилаты, поликарбонаты, фенопласты, аминопласты.

41. Эластомеры (краткие характеристики и области применения): каучуки, полисилоксаны, полиуретаны.

42. Лакокрасочные материалы: глифталевые и пентафталевые смолы, поливинилацетат.

### 6.3 Оценочные средства для проверки уровня сформированности компетенций: ПК-2

Тест содержит 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
ПК-2. Способен осуществлять педагогическую деятельность по профильным предметам (дисциплинам, модулям) в рамках программ основного общего и среднего общего образования.	<ul style="list-style-type: none"> <li>ПК-2.2 Применяет основы теории фундаментальных и прикладных разделов химии (неорганической, аналитической, органической, физической, химии ВМС, химических основ биологических процессов, химической технологии) для решения теоретических и практических задач.</li> </ul>

**Задание 1. Какое из перечисленных соединений является примером природного гетероцепного полимера?**

1. Полиэтилен
2. Натуральный каучук
3. Белок
4. Целлюлоза

Ответ: 3

**Задание 2. Для какого процесса характерна стадия роста цепи за счёт присоединения активных частиц к мономеру?**

1. Поликонденсация
2. Полимеризация
3. Структурирование
4. Деструкция

Ответ: 2

**Задание 3. Какое свойство полимеров наиболее наглядно демонстрирует их отличие от низкомолекулярных веществ в школьном эксперименте?**

1. Температура кипения
2. Высокая вязкость растворов
3. Электропроводность
4. Плотность

Ответ: 2

**Задание 4. Утверждение: «Все природные полимеры являются биodeградируемыми».**

1. Верно
2. Неверно

Ответ: 1

**Задание 5. Утверждение: «Поликонденсация всегда сопровождается выделением низкомолекулярного продукта».**

1. Верно
2. Неверно

Ответ: 1

**Задание 6. Какие из перечисленных процессов относятся к реакциям полимеризации? (Выберите два или более варианта)**

1. Получение полипропилена из пропилена
2. Получение поливинилхлорида из винилхлорида

3. Получение капрона из  $\epsilon$ -капролактама
4. Гидролиз целлюлозы
5. Деструкция крахмала
6. Получение фенолформальдегидной смолы.

Ответ: 1, 2

**Задание 7. Какие методы исследования полимеров можно адаптировать для школьного эксперимента? (Выберите два или более варианта)**

1. Определение растворимости
2. Изучение термических свойств
3. Электронная микроскопия
4. ЯМР-спектроскопия
5. ИК-спектроскопия

Ответ: 1, 2

**Задание 8. Установите соответствие между полимером и его применением:**

Полимер	Применение
1. Полиэтилен	А. Производство волокон
2. Поливинилхлорид	Б. Упаковочные материалы
3. Полистирол	В. Изготовление труб
4. Полипропилен	Г. Теплоизоляционные материалы

Ответ: 1-Б, 2-В, 3-Г, 4-А

**Задание 9. Установите соответствие между типом полимера и его характеристикой:**

Тип полимера	Характеристика
1. Термопласты	А. Не плавятся при нагревании
2. Реактопласты	Б. Способны к неоднократному размягчению
3. Эластомеры	В. Обладают высокой эластичностью
4. Волокна	Г. Имеют высокую прочность на разрыв

Ответ: 1-Б, 2-А, 3-В, 4-Г

**Задание 10. Установите правильную последовательность стадий получения полиэтилена высокого давления:**

1. Инициирование реакции
2. Очистка мономера
3. Сушка и гранулирование полимера
4. Рост полимерной цепи
5. Отделение непрореагировавшего мономера

Ответ: 2, 1, 4, 5, 3

**Задание 11. Расположите в правильной последовательности этапы формирования надмолекулярной структуры полимеров:**

1. Образование кристаллических областей
2. Формирование макромолекул
3. Образование глобул
4. Возникновение фибрилл

Ответ: 2, 1, 4, 3

**Задание 12. Как называется процесс соединения молекул мономера в макромолекулу без образования побочных продуктов?**

Ответ: Полимеризация

**Задание 13.** Какой процесс лежит в основе переработки термопластичных полимеров?

Ответ: Термопластичность

**Задание 14.** Объясните, как знание химии ВМС помогает решить современную экологическую проблему, связанную с пластиковыми отходами.

**Примерный ответ:**

Химия ВМС и проблема пластиковых отходов

Знание химии ВМС является фундаментом для решения проблемы пластиковых отходов, так как позволяет понять:

Причины устойчивости отходов: Большинство пластиков (полиэтилен, полипропилен) инертны и не подвержены быстрому гидролизу или окислению в природе из-за прочности химических связей в макромолекуле и гидрофобности.

Пути решения:

2. Рециклинг (переработка): Понимание того, что полимеры при нагревании могут размягчаться (термопласты) позволяет осуществлять их вторичную переработку.

3. Химическая деполимеризация: Некоторые полимеры (например, ПЭТФ) можно расщепить на мономеры, которые затем снова использовать для синтеза.

**Задание 15.** Опишите основные виды деструкции полимеров. Какие стабилизаторы и каким образом используют для замедления этого процесса? Объясните, почему поливинилхлорид (ПВХ) подвержен деструкции при переработке и каков механизм его стабилизации?

**Развернутый ответ**

### 1. Основные виды деструкции полимеров

Деструкция — это процесс нарушения химического строения и уменьшения молекулярной массы полимера, приводящий к ухудшению его свойств (прочности, эластичности, цвета и т.д.). Основные виды:

Термическая деструкция: происходит под действием высокой температуры. Может протекать по механизму:

Случайного разрыва: Разрыв связей происходит статистически по всей цепи.

Конец-в-конец: Отщепление мономеров с концов цепи (деполимеризация), характерно для полиметилметакрилата (ПММА).

Радикально-цепному механизму с этапами инициирования, роста и обрыва цепи.

Окислительная деструкция: протекает под действием кислорода воздуха, часто ускоряется при нагревании (термоокислительная деструкция) или под действием УФ-излучения (фотоокислительная деструкция). Является основной причиной старения полиолефинов и каучуков.

Механическая деструкция: происходит под действием механических напряжений (например, при переработке в экструдере), приводя к разрыву химических связей и образованию макрорадикалов.

Гидролитическая деструкция: Характерна для полимеров, содержащих гидролизующие связи (сложноэфирные, амидные, уретановые). Протекает в присутствии воды, часто катализируется кислотами или щелочами (например, деструкция полиэтилентерефталата (ПЭТ)).

Радиационная деструкция: вызывается действием ионизирующего излучения ( $\gamma$ -лучи, электронные пучки).

Биологическая деструкция: происходит под действием ферментов микроорганизмов (например, деструкция целлюлозы или поли-3-гидроксibuтирата (ПГБ)).

На практике эти виды часто протекают одновременно (например, термо-механо-окислительная деструкция при переработке).

**Почему ПВХ подвержен деструкции?**

ПВХ термически нестабилен уже при температурах переработки (160-200°C). Основные причины:

1. **Лабильность связи С-Сl:** Наличие хлора создает полярные связи, а соседние хлорсодержащие группы ослабляют связь С-Сl в хлораллильных фрагментах ( $-\text{CH}=\text{CH}-\text{CHCl}-$ ), которые всегда присутствуют в полимере из-за особенностей синтеза.
2. **Образование НСl:** При нагревании происходит отщепление молекулы хлороводорода (НСl) от полимерной цепи, что приводит к образованию двойных связей (полиеновых последовательностей).

## 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:

- Система электронного обучения ФГБОУ ВО «БГПУ»;
- Система «Антиплагиат.ВУЗ»;
- Электронные библиотечные системы;
- Мультимедийное сопровождение лекций и практических занятий.

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

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

## 9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

### 9.1 Литература

1. Семчиков, Ю.Д. 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. Киреев, В. В. Высокомолекулярные соединения: Учебник для бакалавров / В. В. Киреев. - М.: Юрайт, 2013. - 602 с. (7 экз.)
3. Кленин, В.И. Высокомолекулярные соединения / В.И. Кленин, Федусенко И.В. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2013. – 512 с. (5 экз.)
4. Высокомолекулярные соединения: учебник и практикум для вузов / М. С. Аржаков [и др.]; под редакцией А. Б. Зезина. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 340 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01322-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/511147>

### 9.2 Базы данных и информационно-справочные системы

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

### 9.3 Электронно-библиотечные ресурсы

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

## **10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА**

Для проведения занятий лекционного и лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются аудитории, оснащенные учебной мебелью, аудиторной доской, компьютером(рами) с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением, коммутатором для выхода в электронно-библиотечную систему и электронную информационно-образовательную среду БГПУ, мультимедийными проекторами, экспозиционными экранами, учебно-наглядными пособиями (таблицы, мультимедийные презентации). Для проведения лабораторных занятий также используется:

### **Ауд. 221 «А». Лаборатория органической химии**

- Стол лабораторный 2-мест. (4 шт.)
- Стол письменный 2-мест. (12 шт.)
- Стол преподавателя (1 шт.)
- Стул (33 шт.)
- Компьютер с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением (1 шт.)
- Принтер (1 шт.)
- Мультимедийный проектор (1 шт.)
- Экспозиционный экран (навесной) (1 шт.)
- Видеокамера цифровая (2 шт.)
- Испаритель ротационный ИР-1 ЛТ (1 шт.)
- Колбонагреватель ЛТ-1000, LABTEX (4 шт.)
- Насос вакуумный SHB-5 для испарителя ротационного ИР-1 ЛТ (1 шт.)
- Короб вытяжной 1500 ШВ-Н (лаб.) (1 шт.)
- Лаборатория органической химии (1 шт.)
- Тумба 1500 ШВ-Н «Лаб» (2 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 «Высокомолекулярные соединения».

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

**Используемое программное обеспечение:** Microsoft®WINEDUperDVC AllLng Upgrade/SoftwareAssurancePack Academic OLV 1License LevelE Platform 1Year; Microsoft®OfficeProPlusEducation AllLng License/SoftwareAssurancePack Academic OLV 1License LevelE Platform 1Year; Dr.Web Security Suite; Java Runtime Environment; Calculate Linux.

**Разработчик:** Чагарова О.В., кандидат химических наук, доцент кафедры химии.



**11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ**

**Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2025/2026 уч. г.**

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025/2026 учебном году на заседании кафедры (протокол № 6 от 26 марта 2025 г.). В РПД внесены следующие изменения и дополнения:

№ изменения: 1	
№ страницы с изменением:	
Включить:	Исключить: