

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»  
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОПОП

\_\_\_\_\_ А.Г. Тырков

04 апреля 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой ХМ

\_\_\_\_\_ Л.А. Джигола

04 апреля 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ»**

Составитель

**Носачев С.Б., доцент, к.х.н., доцент**

Согласовано с работодателями:

**Ежова И.Н., генеральный директор ООО НПП  
«Вулкан»;**

**Орлова О.В., главный технолог ФГУ «Центр  
лабораторного анализа и технических измерений  
по Астраханской области»**

**04.03.01 ХИМИЯ**

Направление подготовки /  
специальность

Направленность (профиль) /  
специализация ОПОП

Квалификация (степень)

**Химия окружающей среды, химическая  
экспертиза и экологическая безопасность  
Бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Год приёма

**2024**

Курс

**4 (по очной форме)**

Семестр

**7 (по очной форме)**

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Целями освоения дисциплины «Высокомолекулярные соединения»** формирование у студентов представлений об основных особенностях и свойствах высокомолекулярных соединений, отличающих их от свойств низкомолекулярных соединений, дать общие представления о принципах синтеза полимеров, их структуре, физико-механических свойствах и областях применения.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины:

- ознакомить студентов с основными определениями, понятиями и терминами науки о ВМС;
- ознакомить студентов с особенностями строения макромолекул и структуры аморфных и кристаллических полимеров;
- научить студентов определять и рассчитывать размеры макромолекул и молекулярно-массовые характеристики полимеров; оценивать основные физико-механические параметры полимерного материала на основе результатов механических испытаний;
- научить владению методологией изучения ВМС в растворе и математическим аппаратом расчета характеристик полимеров на основе уравнений Хаггинса, Флори-Фокса и Марка-Куна-Хаувинка.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

**2.1. Учебная дисциплина «Высокомолекулярные соединения»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (факультативные дисциплины) (Ф..07) и осваивается в 7 семестре.

Дисциплина встраивается в структуру ОПОП ВО (последовательность в учебном плане) как с точки зрения преемственности содержания, так и с точки зрения непрерывности процесса формирования компетенций выпускника. Данный курс знакомит студентов с современными тенденциями развития органической химии в контексте получения новых полимерных материалов с уникальными свойствами.

**2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения, навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами:**

– органическая химия

Знания: современных методов получения органических соединений, их свойств и сферах применения.

Умения: проводить органический синтез на основе современных методик и устанавливать строение вновь полученных соединений комплексом физико-химических методов анализа.

Навыки: работы на современном учебном и научном оборудовании, владении методиками синтеза органических веществ.

**2.3. Последующие учебные дисциплины и (или) практики, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:**

- коллоидная химия;
- экологические проблемы химических предприятий Астраханской области;
- химия природных соединений;
- биоорганическая химия;
- преддипломная практика;
- ГИА.

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению:

**профессиональных (ПК):**

ПК-3. Способен готовить объекты исследования (вещества синтетического и природного происхождения, материалы и пр.) и проводить их изучение по заданным методикам.

**Таблица 1. Декомпозиция результатов обучения**

Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
		Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ПК-3	ПК-3.1 Готовит объекты исследования	Объекты химии ВМС	Готовить объекты химии ВМС	Методами исследований ВМС
	ПК-3.2 Проводит экспериментальные работы по готовым методикам	Методики исследований объектов химии ВМС	Проводить экспериментальные работы по готовым методикам	Навыками работы с ВМС
	ПК-3.3 Проводит расчетно-теоретические исследования по заданным методикам	Основные методики по исследованию ВМС	Проводить расчетно-теоретические исследования ВМС по заданным методикам	Методами подбора методик исследования ВМС
	ПК-3.4 Выполняет стандартные операции при работе на высокотехнологичном химическом оборудовании	Основы работы на высокотехнологичном химическом оборудовании	Выполнять стандартные операции при работе на высокотехнологичном химическом оборудовании	Навыками работы на высокотехнологичном химическом оборудовании
	ПК-3.5 Осуществляет контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции	Способы контроля качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции	Осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции	Навыками контроля качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции
	ПК-3.6 Проводит паспортизацию веществ и материалов	Способы проведения паспортизации веществ и материалов	Проводить паспортизацию веществ и материалов	Навыками проведения паспортизации веществ и материалов
	ПК-3.7 Тестирует новые методики контроля сырья,	Новые методики контроля сырья, прекурсоров и	Тестировать новые методики контроля сырья,	Навыками контроля сырья, прекурсоров и

Код компетенции	Код и наименование индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
		Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
	прекурсоров и готовой продукции	готовой продукции	прекурсоров и готовой продукции	готовой продукции

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины в соответствии с учебным планом составляет 3 зачетных единицы (108 часов).

Трудоемкость отдельных видов учебной работы студентов очной формы обучения приведена в таблице 2.1.

**Таблица 2.1. Трудоемкость отдельных видов учебной работы по формам обучения**

Вид учебной и внеучебной работы	для очной формы обучения
Объем дисциплины в зачетных единицах	3
Объем дисциплины в академических часах	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе (час.):	56
- занятия лекционного типа, в том числе:	14
- занятия семинарского типа (лабораторные):	42
Самостоятельная работа обучающихся (час.)	52
Форма промежуточной аттестации обучающегося (зачет/экзамен), семестр (ы)	зачет – 7 семестр

Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий и самостоятельной работы, для каждой формы обучения представлено в таблице 2.2.

**Таблица 2.2. Структура и содержание дисциплины**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Контактная работа, час.						КР / КП	СР, час.	Итого часов	Форма текущего контроля успеваемости и, форма промежуточной аттестации
	Л		ПЗ		ЛР					
	Л	В т.ч. П П	ПЗ	В т.ч. ПП	ЛР	В т.ч. ПП				
<b>Семестр 7.</b>										
Тема 1. «Общие представления о полимерах»	2				6			7	15	Тестирование Отчет по л/р № 1
Тема 2. «Растворы полимеров»	2				6			7	15	Тестирование Отчет по л/р № 2
Тема 3. «Полиэлектролиты»	2				6			7	15	Тестирование Отчет по л/р № 3
Тема 4. «Структура и	2				6			7	15	Отчет по

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Контактная работа, час.						КР / КП	СР, час.	Итого часов	Форма текущего контроля успеваемости и, форма промежуточ ной аттестации
	Л		ПЗ		ЛР					
	Л	в т. ч. П П	ПЗ	в т.ч. ПП	ЛР	в т.ч. ПП				
механические свойства полимеров»										л/р № 4
Тема 5. «Синтез полимеров»	2				6			7	15	Отчет по л/р № 5
Тема 6. «Химические превращения полимеров»	2				6			7	15	Отчет по л/р № 6
Тема 7. «Полимерные материалы»	2				6			10	18	Отчет по л/р № 7
<b>Консультации</b>										
<b>Контроль промежуточной аттестации</b>										<b>Зачет</b>
<b>ИТОГО за семестр:</b>	<b>14</b>				<b>42</b>			<b>52</b>	<b>108</b>	

*Примечание:* Л – лекция; ПЗ – практическое занятие, семинар; ЛР – лабораторная работа; ПП – практическая подготовка; КР / КП – курсовая работа / курсовой проект; СР – самостоятельная работа

**Таблица 3. Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины и формируемых компетенций**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Код компетенции	Общее количество компетенций
		ПК-3	
Тема 1. «Общие представления о полимерах»	15	+	1
Тема 2. «Растворы полимеров»	15	+	1
Тема 3. «Полиэлектролиты»	15	+	1
Тема 4. «Структура и механические свойства полимеров»	15	+	1
Тема 5. «Синтез полимеров»	15	+	1
Тема 6. «Химические превращения полимеров»	15	+	1
Тема 7. «Полимерные материалы»	18	+	1
<b>Итого</b>	<b>108</b>		

### **Краткое содержание каждой темы дисциплины**

#### **Тема 1. «Общие представления о полимерах»**

Отличительные свойства полимеров и полимерных материалов. Классификация полимеров. Конфигурация макромолекул.

Конформация макромолекул. Основные положения конформационной изомерии макромолекул. Гибкость макромолекул. Модели полимерной цепи. Статистический сегмент. Персистентная длина цепи.

Молекулярно-массовые характеристики полимеров.

#### **Тема 2. «Растворы полимеров»**

Основные понятия и определения физической химии растворов полимеров.

Фазовые диаграммы двухкомпонентных систем «полимер — растворитель».

Термодинамика растворов полимеров. Осмотическое давление раствора и его экспериментальное определение. Решетчатая модель идеального раствора и его уравнение состояния. Теория Флори—Хаггинса для полимерных растворов. Расчет энтропии смешения. Расчет энтальпии смешения. Уравнение состояния полимерного раствора.

Термодинамическое качество растворителя и  $\Theta$ -состояние полимерного раствора. Понятие о  $\Theta$ -температуре. Природа  $\Theta$ -состояния полимерного раствора. Температурная зависимость второго вириального коэффициента. Связь  $\Theta$ -температуры со степенью полимеризации и критической температурой растворения полимера. Невозмущенные размеры макромолекул.

Гидродинамические свойства разбавленных растворов полимеров. Вязкость жидкости. Причины повышенной вязкости растворов полимеров. Методология вискозиметрических измерений. Характеристическая вязкость и ее связь с размерами макромолекул и молекулярной массой полимера.

Теоретические основы и экспериментальные методы фракционирования полимеров. Препаративное фракционирование. Аналитическое фракционирование. Турбидиметрическое титрование. Гель-проникающая хроматография.

Теоретические и экспериментальные основы исследования растворов полимеров методом светорассеяния. Статическое светорассеяние малыми частицами. Статическое светорассеяние большими частицами. Динамическое светорассеяние.

### **Тема 3. «Полиэлектролиты»**

Классификация и применение полиэлектролитов.

Термодинамика растворов полиэлектролитов. Осмотическое давление и эффект Доннана. Уравнение состояния полиэлектролита в водном солевом растворе. Ионизационное равновесие в бессолевых растворах полиэлектролитов.

Конформационные превращения макромолекул линейных полиэлектролитов в растворах.

Особенности поведения полиамфолитов. Кооперативные реакции макромолекул полиэлектролитов.

### **Тема 4. «Структура и механические свойства полимеров»**

Основные понятия и определения.

Аморфные полимеры. Структура аморфных полимеров. Молекулярно-кинетические основы физико-механического поведения аморфных тел. Термомеханический анализ. Физико-механическое поведение аморфных полимеров в высокоэластическом состоянии. Природа высокоэластичности. Вязкоупругие свойства линейных каучуков. Физико-механическое поведение сшитых каучуков. Динамометрия каучуков. Гистерезисные явления в каучуках. Динамический механический анализ. Температурно-временная суперпозиция. Стеклование полимеров. Физико-механическое поведение полимеров в стеклообразном состоянии. Вязкотекучее состояние полимеров. Пластификация полимеров.

Кристаллические полимеры. Надмолекулярная структура кристаллических полимеров.

Кристаллизация и плавление полимеров. Структурные критерии кристаллизации. Термодинамика кристаллизации и плавления. Кинетика кристаллизации. Релаксационный характер кристаллизации и плавления.

Температура плавления полимеров и факторы, ее определяющие. Влияние химической структуры на температуру плавления полимеров. Влияние молекулярно-массовых характеристик на температуру плавления полимеров. Влияние условий кристаллизации на температуру плавления полимеров.

Физико-механическое поведение полукристаллических полимеров. Термомеханический анализ полукристаллических полимеров. Динамометрия полукристаллических полимеров.

Прочность полимеров. Теория хрупкого разрушения Гриффита. Термокинетическая теория разрушения Журкова. Факторы, контролирующие прочность полимеров.

### **Тема 5. «Синтез полимеров»**

Полимеризация. Общие представления. Радикальная полимеризация. Ионная полимеризация. Катионная полимеризация. Анионная полимеризация. Сополимеризация. Радикальная сополимеризация. Ионная сополимеризация. Стереорегулирование при радикальной и ионной полимеризации. Способы проведения полимеризации.

Поликонденсация. Общие представления. Основные классы конденсационных полимеров. Основные стадии поликонденсации, термодинамические аспекты и кинетика процесса. Трехмерная поликонденсация. Способы проведения поликонденсации.

Новые методы синтеза полимеров. Полимеризация с раскрытием цикла. Металлоценовые и постметаллоценовые катализаторы в полимеризации олефинов. Метатезисная и аддитивная полимеризация. Комплексно-радикальная полимеризация. «Живая» ионная и псевдоживая радикальная полимеризация. Теломеризация. Синтез дендримеров и сверхразветвленных полимеров. «Зеленая химия» в синтезе полимеров. Полимеризация в сверхкритических средах. Синтез полимеров в ионных жидкостях.

### **Тема 6. «Химические превращения полимеров»**

Химические реакции, не сопровождающиеся изменением степени полимеризации. Полимераналогичные реакции. Эффект цепи. Эффект соседних звеньев. Конфигурационный эффект. Конформационные эффекты. Концентрационный эффект. Надмолекулярные эффекты. Электростатические эффекты. Внутримолекулярные превращения. Реакции, приводящие к образованию макромолекул с системой ненасыщенных связей. Реакции внутримолекулярной циклизации.

Реакции, приводящие к уменьшению степени полимеризации. Цепная деструкция. Окислительная деструкция.

Реакции, приводящие к увеличению степени полимеризации. Реакции сшивания. Синтез блок- и привитых сополимеров.

### **Тема 7. «Полимерные материалы»**

Конструкционные полимерные материалы. Каучуки. Пластики. Волокна. Смеси полимеров. Композиционные материалы.

Функциональные полимерные материалы и полимеры специального назначения. Полимеры для нанотехнологии и индустрии наноматериалов.

## **5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине**

Лекционные занятия проводятся через неделю в объеме 2 часа. Лабораторные занятия проводятся еженедельно (2/1) в объеме 3 часов. Во время изучения каждой темы обучающиеся проводят лабораторные работы и сдают по ним отчеты, по отдельным темам проводится тестовый контроль знаний.

В процессе изучения курса «Высокомолекулярные соединения» используются следующие образовательные технологии на лекциях

- *обзорная лекция* не краткий конспект, а систематизация знаний на более высоком уровне. Психология обучения показывает, что материал, изложенный системно, лучше запоминается,

допускает большее число ассоциативных связей. В обзорной лекции следует рассмотреть также особо трудные вопросы экзаменационных билетов.

- *дискуссионная лекция* — это взаимодействие преподавателя и студентов, свободный обмен мнениями, идеями и взглядами по исследуемому вопросу. По ходу лекции-дискуссии преподаватель приводит отдельные примеры в виде ситуаций или кратко сформулированных проблем и предлагает студентам коротко обсудить, затем краткий анализ, выводы и лекция продолжается. Данный вид лекции позволяет преподавателю видеть, насколько эффективно студенты используют полученные знания в ходе дискуссии.

- *лекция с заранее запланированными ошибками*: подбираются наиболее типичные ошибки, которые чаще всего допускают обучающиеся. В ходе изложения лекции ошибки тщательно «маскируются». Студенты должны отметить в конспекте замеченные ошибки. В конце лекции разбор ошибок (10-15 мин). На обсуждаемые вопросы даются правильные ответы. Данный вид лекции позволяет преподавателю видеть, насколько внимательно и эффективно студенты слушают преподавателя, анализируют представленный материал.

- *групповая технология*. Варианты применения обучения в сотрудничестве: одно задание на группу, с последующим рассмотрением заданий каждой группой; совместное выполнение практической работы (в парах), в том числе лабораторных работ.

## 5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины

**Таблица 4. Содержание самостоятельной работы обучающихся**

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Форма работы
<b>Тема 1. «Общие представления о полимерах»</b> Модели полимерной цепи. Статистический сегмент. Персистентная длина цепи. Молекулярно-массовые характеристики полимеров.	7	Реферат Отчет по л/р
<b>Тема 2. «Растворы полимеров»</b> Теоретические основы и экспериментальные методы фракционирования полимеров. Препаративное фракционирование. Аналитическое фракционирование. Турбидиметрическое титрование. Гель-проникающая хроматография. Теоретические и экспериментальные основы исследования растворов полимеров методом светорассеяния. Статическое светорассеяние малыми частицами. Статическое светорассеяние большими частицами. Динамическое светорассеяние.	7	Реферат Отчет по л/р
<b>Тема 3. «Полиэлектролиты»</b> Конформационные превращения макромолекул линейных полиэлектролитов в растворах. Особенности поведения полиамфолитов. Кооперативные реакции макромолекул полиэлектролитов.	7	Реферат Отчет по л/р
<b>Тема 4. «Структура и механические свойства полимеров»</b> Физико-механическое поведение полукристаллических полимеров. Термомеханический анализ полукристаллических полимеров. Динамометрия полукристаллических полимеров. Прочность полимеров. Теория хрупкого разрушения Гриффита. Термокинетическая теория разрушения Журкова. Факторы, контролирующие прочность полимеров.	7	Реферат Отчет по л/р
<b>Тема 5. «Синтез полимеров»</b> Новые методы синтеза полимеров. Полимеризация с раскрытием цикла. Металлоценовые и постметаллоценовые катализаторы в полимеризации олефинов. Метатезисная и аддитивная полимеризация. Комплексно-радикальная полимеризация. «Живая» ионная и	7	Реферат Отчет по л/р

псевдоживая радикальная полимеризация. Теломеризация. Синтез дендримеров и сверхразветвленных полимеров. «Зеленая химия» в синтезе полимеров. Полимеризация в сверхкритических средах. Синтез полимеров в ионных жидкостях.		
<b>Тема 6. «Химические превращения полимеров»</b> Реакции, приводящие к уменьшению степени полимеризации. Цепная деструкция. Окислительная деструкция. Реакции, приводящие к увеличению степени полимеризации. Реакции сшивания. Синтез блок- и привитых сополимеров.	7	Реферат Отчет по л/р
<b>Тема 7. «Полимерные материалы»</b> Функциональные полимерные материалы и полимеры специального назначения. Полимеры для нанотехнологии и индустрии наноматериалов.	10	Реферат Отчет по л/р

#### ***Методические указания по оформлению выполненных индивидуальных заданий***

1. Задания, выполненные небрежно, неразборчиво, без соблюдения требований по оформлению возвращается студенту без проверки с указанием причин возврата на титульном листе.

2. Сдача выполненного задания может проводиться на выделенном одном занятии в рамках часов учебной дисциплины, либо по договоренности с преподавателем. Сдача выполненного задания студентом предусматривает объяснения проделанного задания и ответы на вопросы. Общая оценка выставляется с учетом оценок за работу, умение вести дискуссию и ответы на вопросы.

3. При оценивании работы будут учитываться следующие пункты: знание и понимание проблемы; умение систематизировать и анализировать материал, четко и обоснованно формулировать выводы; самостоятельность, способность к определению собственной позиции по проблеме и к практической адаптации материала; аккуратность оформления.

#### ***Методические указания по написанию отчета по лабораторной работе***

1. Цель и задачи исследования.

2. Краткое описание эксперимента: способы, методы, методики исследования и теоретические положения.

3. Законы, положения, формулы, уравнения реакций. Результаты исследования и расчеты (уравнения должны быть приведены в общем виде и с подставленными данными). Результаты исследования и расчетов должны быть сведены в соответствующие таблицы.

4. Графическая обработка экспериментальных данных (при необходимости): графики и схемы должны выполняться на миллиметровой бумаге. На ось ординат наносится функция, на ось абсцисс – аргумент с указанием единиц измерения. На осях наносится шкала согласно выбранному масштабу. Единицы масштаба должны быть выбраны в соответствии точности отсчета при эксперименте. Координаты экспериментальной точки наносятся только на плоскости и отмечаются точкой. По экспериментальным точкам проводится усредняющая кривая. Выпавшие точки не используются, но показываются. На листе, где выполнен график, должны быть указаны наименование графика (под графиком), условия, сноски.

5. Анализ экспериментально полученных зависимостей.

6. Выводы.

Работа считается выполненной, если приведены все необходимые расчеты, построены изучаемые зависимости, приведены все структурные формулы изучаемых веществ и образуемых соединений, сделаны соответствующие выводы.

#### ***Методические рекомендации по подготовке к занятиям***

Успешное освоение дисциплины возможно при систематической серьезной подготовке к каждому занятию. При подготовке к занятиям необходимо использовать несколько учебных пособий, так как это позволит создать более полное представление по изучаемой теме.

Рекомендуемая литература:

1. Максанова, Л. А. Высокомолекулярные соединения и материалы на их основе, применяемые в пищевой промышленности / Максанова Л. А. - Москва : КолосС, 2013. - 213 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высш. учеб. заведений) - ISBN 5-9532-0319-5. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5953203195.html> (ЭБС «Консультант студента»)
2. Шишонок, М. В. Высокомолекулярные соединения : учеб. пособие / М. В. Шишонок - Минск : Выш. шк. , 2012. - 535 с. - ISBN 978-985-06-1666-1. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850616661.html> (ЭБС «Консультант студента»)
3. Штильман, М. И. Технология полимеров медико-биологического назначения. Полимеры природного происхождения : учебное пособие / Штильман М. И. и др. ; под ред. М. И. Штильмана. - 3-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 331 с. Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". (Учебник для высшей школы) - ISBN 978-5-00101-918-3. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001019183.html> (ЭБС «Консультант студента»)
4. Королев, Г. В. Трехмерная радикальная полимеризация. Сетчатые и гиперразветвленные полимеры / Г. В. Королев, М. М. Могилевич. - 2-е изд. , стереотип. - Санкт-петербург : ХИМИЗДАТ, 2017. - 344 с. - ISBN 978-5-93808-308-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938083080.html> (ЭБС «Консультант студента»)
5. Болтон, У. Конструкционные материалы : металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты : Карманный справочник / Болтон У. , - 3-е изд. , стер. , пер. с англ. - Москва : ДМК Пресс. - 319 с. (Серия "Карманный справочник") - ISBN 978-5-94120-238-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785941202386.html> (ЭБС «Консультант студента»)
6. Аскадский, А. А. Физико-химия полимерных материалов и методы их исследования : Учебное издание / Под общ. ред. А. А. Аскадского. - Москва : Издательство АСВ, 2015. - 408 с. - ISBN 978-5-4323-0072-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300720.html> (ЭБС «Консультант студента»)
7. Свиридов, Е. Б. Книга о полимерах : свойства и применение, история и сегодняшний день материалов на основе высокомолекулярных соединений / Е. Б. Свиридов, В. К. Дубовый - Архангельск : ИД САФУ, 2016. - 392 с. - ISBN 978-5-261-01096-8. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785261010968.html> (ЭБС «Консультант студента»).

### **5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины, выполняемые обучающимися самостоятельно**

Темы рефератов по дисциплине «Высокомолекулярные соединения» выбираются студентами в течение октября месяца и обсуждаются с преподавателем. Сдача и защита рефератов осуществляется в декабре.

#### **Требования к оформлению рефератов:**

Реферат должен быть представлен в форме печатной работы (электронная версия обязательна) объемом *от 20 до 40 страниц*, созданный в редакторе Microsoft Word (Windows), и сохранен в формате doc (docx), шрифт – Times New Roman; кегль – 14; межстрочный интервал – 1,0; абзац – 1,25; выравнивание по ширине, отступы: слева и справа – 2,5 см, сверху и снизу – 2,5 см, ориентация – книжная.

#### **Оформление списка литературы к реферату:**

1. Аршанский, Е.Я. Методика обучения химии в классах гуманитарного профиля [Текст] / Е.Я. Аршанский . – М.: Вентана-Граф, 2003. – 176 с.
2. Береснева, Е.В. Использование технологии критического мышления при изучении органической химии в средней школе [Текст] / Е.В. Береснева, Е.Н. Загвоздкина // Химия в школе. – 2008. – № 8. – С. 17–22.
3. Левитес, Д.Г. Школа для профессионалов или семь уроков для тех, кто учит / Д.Г. Левитес. – Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК». – 2001. – 256 с.
4. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования [Текст] / Е.С. Полат, М.Ю. Бухаркина, М.В. Моисеева, А.Е. Петров; под ред. Е.С. Полат. – М.: Издательский центр «Академия», 2008.– 272 с.
5. Храпов, С.А. Технологии CDIO в сфере социализации студентов (опыт Астраханского государственного университета) [Электронный ресурс]. / С.А. Храпов. – Режим доступа: [http://portal.tpu.ru/f\\_dite/conf/2013/4/khrapov.pdf](http://portal.tpu.ru/f_dite/conf/2013/4/khrapov.pdf)

Допускается самостоятельный выбор студентом темы реферата. Примерные темы рефератов:

1. Модели полимерной цепи.
2. Молекулярно-массовые характеристики полимеров.
3. Теоретические основы и экспериментальные методы фракционирования полимеров.
4. Теоретические и экспериментальные основы исследования растворов полимеров методом светорассеяния.
5. Конформационные превращения макромолекул линейных полиэлектролитов в растворах.
6. Кооперативные реакции макромолекул полиэлектролитов.
7. Физико-механическое поведение полукристаллических полимеров. Термомеханический анализ полукристаллических полимеров.
8. Новые методы синтеза полимеров.
9. Метатезисная и аддитивная полимеризация.
10. Комплексно-радикальная полимеризация.
11. «Живая» ионная и псевдоживая радикальная полимеризация.
12. Синтез дендримеров и сверхразветвленных полимеров.
13. «Зеленая химия» в синтезе полимеров.
14. Полимеризация в сверхкритических средах.
15. Синтез полимеров в ионных жидкостях.
16. Функциональные полимерные материалы и полимеры специального назначения.
17. Полимеры для нанотехнологии и индустрии наноматериалов.

## **6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 04.03.01 Химия реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития требуемых компетенций обучающихся.

В рамках учебного курса «Высокомолекулярные соединения» предусмотрены встречи с представителями российских компаний, региональными работодателями, государственных и общественных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов.

## 6.1. Образовательные технологии

**Таблица 5. Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий**

Раздел, тема дисциплины	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
Тема 1. «Общие представления о полимерах»	Обзорная лекция	Не предусмотрено	Исследовательская л/р
Тема 2. «Растворы полимеров»	Обзорная лекция	Не предусмотрено	Исследовательская л/р
Тема 3. «Полиэлектролиты»	Лекция с заранее запланированными ошибками	Не предусмотрено	Исследовательская л/р
Тема 4. «Структура и механические свойства полимеров»	Обзорная лекция	Не предусмотрено	Исследовательская л/р
Тема 5. «Синтез полимеров»	Обзорная лекция	Не предусмотрено	Исследовательская л/р
Тема 6. «Химические превращения полимеров»	Обзорная лекция	Не предусмотрено	Исследовательская л/р
Тема 7. «Полимерные материалы»	Дискуссионная лекция	Не предусмотрено	Исследовательская л/р

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) интерактивном взаимодействии обучающихся и преподавателя в режимах online и (или) offline в формах видеолекций, лекций-презентаций, видеоконференции, собеседования в режиме форума, чата, выполнения виртуальных практических и (или) лабораторных работ и др.

## 6.2. Информационные технологии

Информационные технологии, используемые при реализации различных видов учебной и внеучебной работы:

- использование электронных учебников и различных сайтов (например, электронных библиотек, журналов и т. д.) как источников информации;
- использование возможностей электронной почты преподавателя [sbn86chem@yandex.ru](mailto:sbn86chem@yandex.ru);
- использование средств представления учебной информации (электронных учебных пособий и практикумов, применение новых технологий для проведения очных (традиционных) лекций и семинаров с использованием презентаций и т. д.);
- использование интегрированных образовательных сред, где главной составляющей являются не только применяемые технологии, но и содержательная часть, т. е. информационные ресурсы (доступ к мировым информационным ресурсам, на базе которых строится учебный процесс);
- использование виртуальной обучающей среды (LMS Moodle «Электронное образование») по курсу «Высокомолекулярные соединения» или иных информационных систем, сервисов и мессенджеров.

## 6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

### 6.3.1. Программное обеспечение

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда
Mozilla FireFox	Браузер
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 10 Professional	Операционная система
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты
Google Chrome	Браузер
Notepad++	Текстовый редактор
OpenOffice	Пакет офисных программ
Opera	Браузер
Paint .NET	Растровый графический редактор

### 6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

<i>Наименование современных профессиональных баз данных, информационных справочных систем</i>
<p><a href="http://dlib.eastview.com">Универсальная справочно-информационная полнотекстовая база данных периодических изданий ООО «ИВИС»</a>  <a href="http://dlib.eastview.com">http://dlib.eastview.com</a>  Имя пользователя: AstrGU  Пароль: AstrGU</p>
<p>Электронные версии периодических изданий, размещённые на сайте информационных ресурсов  <a href="http://www.polpred.com">www.polpred.com</a></p>
<p>Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем»  <a href="https://library.asu.edu.ru/catalog/">https://library.asu.edu.ru/catalog/</a></p>
<p>Электронный каталог «Научные журналы АГУ»  <a href="https://journal.asu.edu.ru/">https://journal.asu.edu.ru/</a></p>
<p>Корпоративный проект Ассоциации региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) «Межрегиональная аналитическая роспись статей» (МАРС) – сводная база данных, содержащая полную аналитическую роспись 1800 названий журналов по разным отраслям знаний. Участники проекта предоставляют друг другу электронные копии отсканированных статей из книг, сборников, журналов, содержащихся в фондах их библиотек.  <a href="http://mars.arbicon.ru">http://mars.arbicon.ru</a></p>
<p>Справочная правовая система КонсультантПлюс.  Содержится огромный массив справочной правовой информации, российское и региональное законодательство, судебную практику, финансовые и кадровые консультации, консультации для бюджетных организаций, комментарии законодательства, формы документов, проекты нормативных правовых актов, международные правовые акты, правовые акты, технические нормы и правила.  <a href="http://www.consultant.ru">http://www.consultant.ru</a></p>

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Высокомолекулярные соединения» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

**Таблица 6. Соответствие разделов, тем дисциплины, результатов обучения по дисциплине и оценочных средств**

Контролируемый раздел, тема дисциплины (модуля)	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
Тема 1. «Общие представления о полимерах»	ПК-3	Тестирование Отчет по л/р № 1
Тема 2. «Растворы полимеров»	ПК-3	Тестирование Отчет по л/р № 2
Тема 3. «Полиэлектролиты»	ПК-3	Тестирование Отчет по л/р № 3
Тема 4. «Структура и механические свойства полимеров»	ПК-3	Отчет по л/р № 4
Тема 5. «Синтез полимеров»	ПК-3	Отчет по л/р № 5
Тема 6. «Химические превращения полимеров»	ПК-3	Отчет по л/р № 6
Тема 7. «Полимерные материалы»	ПК-3	Отчет по л/р № 7

### 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

**Таблица 7. Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

**Таблица 8. Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание по подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задания

### 7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине

#### Тема 1. «Общие представления о полимерах»

##### Тестовые задания

- 1) Первые упоминания о синтетических полимерах, аналогов которым в природе не существует, относятся к первой половине:
  - а) XV в
  - б) XVIII в
  - в) XVII в
  - г) XIX в
  
- 2) Установите соответствие между ученым и его вкладом в развитие химии высокомолекулярных соединений:
 

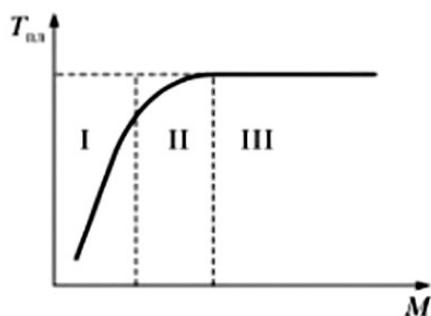
а) Ч. Гудьир	1) теоретически обосновал и экспериментально доказал ионный механизм полимеризации
б) П. Флори	2) разработал технологию серной вулканизации натурального каучука (основоположник резинотехнической промышленности)
в) Г. Штаудингер	3) разработал технологию синтеза каучука на основе полибутадиена
г) С.В. Лебедев	4) внес неоценимый вклад в теорию физической химии и статистической механики полимеров
д) Ф. Уитмор	5) автор принципиально новых представлений о полимерах как соединениях, построенных из цепных макромолекул
  
- 3) Установите соответствие между ученым и его вкладом в развитие химии высокомолекулярных соединений:
 

а) К.А. Андрианов	1) доказал термодинамическую обратимость растворов полимеров и сформулировал систему представлений о физических состояниях аморфных высокомолекулярных
-------------------	--

- соединений
- б) У. Карозерс 2) впервые установил свободно радикальную природу активных центров роста цепи при инициировании полимеризации пероксидами и сформулировал понятие передачи цепи
- в) В.А. Каргин 3) развил представления о поликонденсационных процессах и синтезировал хлоропреновый каучук (неопрен), разработал метод получения полиамидов
- г) А.П. Александров 4) развил представления о релаксационной природе деформации полимеров
- д) С.С. Медведев 5) синтезировал полиорганосилоксаны
- 4) Установите соответствие между термином и его определением:
- а) Полимер 1) вещество, состоящее из молекул, содержащих некоторое количество одного или более типов атомов или групп атомов (звеньев), соединенных повторяющимся образом друг с другом
- б) Олигомер 2) вещество, состоящее из молекул, каждая из которых может образовывать одно или несколько составных звеньев
- в) Мономер 3) вещество, состоящее из молекул, характеризующееся многократным повторением одного или более типов атомов или групп атомов, соединенных между собой в количестве, достаточном для проявления комплекса свойств, который остается практически неизменным при добавлении или удалении одного или нескольких соседних звеньев
- 5) Установите соответствие между термином и его определением:
- а) Составное звено 1) наибольшее составное звено, которое образует одна молекула мономера в процессе полимеризации
- б) Мономерное звено 2) атом или группа атомов, входящих в состав цепи молекулы олигомера или полимера
- в) Составное повторяющееся звено 3) наименьшее составное звено, повторением которого может быть описано строение регулярного полимера
- 6) Установите соответствие между термином и его определением:
- а) Полимеризация 1) процесс превращения мономеров или смеси мономеров в полимер
- б) Олигомеризация 2) полимеризация с участием повторяющегося процесса присоединения
- в) Аддиционная полимеризация 3) процесс превращения мономеров или смеси мономеров в олигомер
- г) Конденсационная полимеризация 4) процесс образования полимера путем многократно повторенной конденсации
- 7) Установите соответствие между термином и его определением:
- а) Степень (коэффициент) полимеризации молекулы полимера 1) полимер, строение молекул которого может быть описано единственно возможной последовательностью составных звеньев только одного типа
- б) Степень (коэффициент) полимеризации полимера 2) полимер, строение молекул которого не может быть описано единственно возможной

- последовательностью составных звеньев только одного типа
- в) Регулярный полимер                    3) число мономерных звеньев в молекуле полимера
- г) Нерегулярный полимер                4) среднее значение степени полимеризации молекул полимера

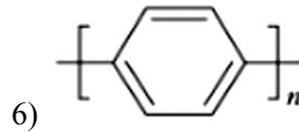
- 8) На рисунке представлена зависимость температуры плавления *n*-алканов от молекулярной массы. Установите соответствие между областями изменения свойств и их характеристикой



- а) I            1) область характерна для олигомерных соединений с молекулярной массой от нескольких сотен до нескольких тысяч углеродных единиц
- б) II            2) область, где  $T_{пл}$  практически не зависит от молекулярной массы, отвечает ВМС или полимерам (молекулярные массы составляют десятки тысяч – миллионы углеродных единиц)
- в) III            3) область резкого изменения свойства ( $T_{пл}$ ) соответствует низкомолекулярным соединениям (до нескольких сотен углеродных единиц)
- 9) Какое утверждение является не верным:
- а) малая длина макромолекул придает им гибкость, следствием которой является уникальная способность к большим обратимым деформациям при повышенных температурах
- б) физико-механические и физико-химические свойства полимеров могут резко изменяться путем введения небольшого количества низкомолекулярных веществ
- в) полимерные материалы обладают ярко выраженной способностью к ориентации вдоль оси вытяжки образца за счет параллельной укладки выпрямленных макромолекул
- г) цепное строение полимеров является причиной уникального баланса «жесткость-пластичность», характерного для пластмасс или пластиков
- 10) Какие утверждения являются верными:
- а) уникальным свойством нуклеиновых кислот является возможность записи, хранения и передачи сложнейшей генетической информации
- б) вязкость разбавленных (до 1 масс. %) растворов полимеров намного ниже вязкости растворов низкомолекулярных соединений той же концентрации, а само растворение не проходит через стадию набухания полимера
- в) для макромолекул характерны особые реакции – реакции деструкции и деполимеризации, которые сопровождаются разрывом связей основной цепи
- г) способность макромолекул полиэлектролитов и полиамфолитов превращать химическую энергию в механическую характерна исключительно для полимеров, макромолекулы которых имеют функциональные неионогенные группы, не способные к электролитической диссоциации



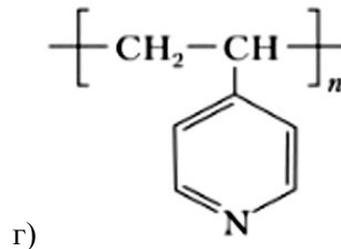
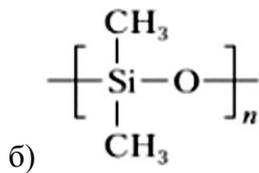
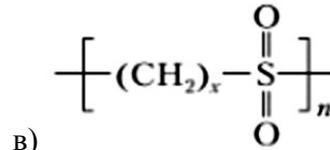
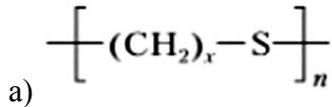
е) Поли-*para*-фенилен



16) К элементоорганическим полимерам относят:

- а) Поли-*para*-бензамид
- б) Полидиметилсилоксан
- в) Полиакриламид
- г) Поливинилацетат

17) Полисульфонам соответствует звено, формула которого:



18) Установите соответствие между схематическим изображением макромолекул различной топологии и их типом:

а) Лестничный полимер



б) Линейный полимер

1)



2)

в) Разветвленный полимер



3)

г) Гребнеобразный полимер



4)

д) Сшитый полимер



5)

е) Звездообразный полимер

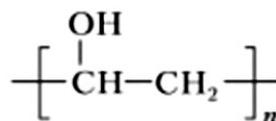


6)

19) К линейным полимерам относится:

- а) амилопектин
- б) натуральный каучук
- в) эфир акриловой кислоты
- г) вулканизированные каучуки

20) Дайте название по систематической номенклатуре для поливинилового спирта, формула звена которого



- а) поли-1-гидроксиэтилен
- б) поли-1-цианоэтилен
- в) поли-1-ацетоксиэтилен
- г) поли-1-фенилэтилен

### Лабораторная работа № 1

#### Определение молекулярного веса полимера из измерений характеристической вязкости.

Родственные понятия: вязкость жидкостей, капиллярный вискозиметр Оствальда, уравнение Пуазейля, макромолекулы, средняя и среднечисловая молекулярные массы, уравнение Марка-Куна-Хаувинка, альтернативные методы определения молекулярного веса полимеров (осмометрия, ультрацентрифугирование, светопоглощение).

#### Принцип и цели

Вязкость жидкостей существенно зависит от сил межмолекулярного притяжения. В случае растворов вязкость системы может значительно изменяться в зависимости от природы и концентрации растворенного вещества. Из-за своего размера макромолекулы значительно влияют на вязкость раствора. Измерения вязкости могут быть использованы для определения молекулярного веса, если известна конформация макромолекулы полимера.

Используя термостатируемый капиллярный вискозиметр Оствальда, измеряют вязкости растворов полистирола в толуоле в диапазоне пяти концентраций полимера. Определяют характеристическую вязкость и по ней устанавливают средневязкостную молекулярную массу полимера  $M_n$  в этом растворителе.

#### Оборудование и реактивы:

Погружной термостат (100 °С), ванна термостата (6л), штатив с лапкой и зажимами, капиллярный вискозиметр Оствальда (d=4 мм), цифровой секундомер (1/100 с), аналитические весы, мерные колбы на 100 и 250 мл, мерные пипетки на 5, 10, 20, 50 мл, стакан (d=80 мм), водоструйный насос, шланг резиновый вакуумный (d=6 мм), резиновая трубка (d=6 мм), стакан высокий на 250 мл, градуированный цилиндр на 100 мл, стеклянная палочка, ложка, резиновая

груша, склянка для мытья посуды на 500 мл, полистирол гранулированный, толуол, ацетон (х.ч.), соляная кислота (№7 %), азотная кислота (65 %). вода дистиллированная.

### Вопросы для отчета по Лабораторной работе № 1

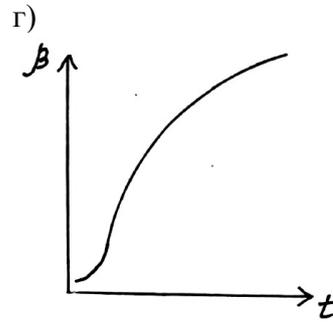
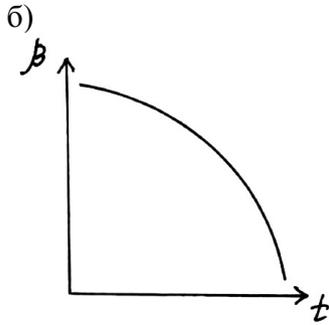
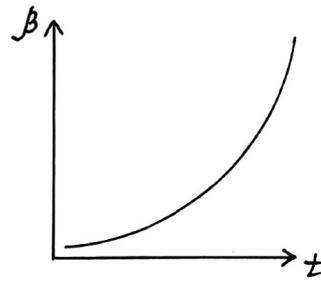
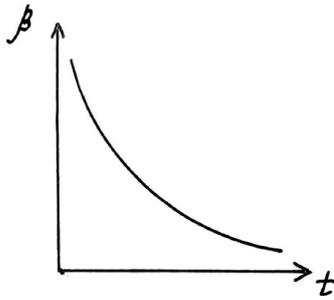
- 1) Каковы специфические свойства полимеров, которые существенным образом отличают их от низкомолекулярных веществ? Предложите, по крайней мере, три экспериментальных способа, с использованием которых можно отличить образец полимера от образца низкомолекулярного соединения.
- 2) Каковы критерии перехода от олигомеров к полимерам?
- 3) Каковы принципы и критерии, в соответствии с которыми полимерное состояние вещества рассматривают как особую форму существования химических соединений с комплексом свойств, качественно отличным от такового для низкомолекулярных веществ?
- 4) По каким принципам систематизируют и классифицируют полимеры и материалы на их основе?
- 5) По каким признакам полимеры подразделяют на природные, искусственные и синтетические? Приведите примеры таких полимеров.
- 6) Чем различаются органические, элементоорганические и неорганические полимеры? Приведите примеры таких полимеров.
- 7) В чем различие между гомо- и гетерогенными полимерами? Приведите примеры таких полимеров.
- 8) Что такое линейные, разветвленные и сшитые полимеры? Приведите примеры таких полимеров.
- 9) Что такое конфигурация макромолекул? Приведите основные типы конфигурационных изомеров.
- 10) Каково влияние конфигурационной изомерии на свойства полимера?
- 11) Что представляет собой конформация макромолекул? Приведите основные типы конфигурационных изомеров?
- 12) В чем заключается принципиальное различие понятий «конфигурация» и «конформация» для полимеров?
- 13) Какова природа конформационной изомерии полимеров?
- 14) Какова природа гибкости полимерных цепей? Перечислите факторы, оказывающие влияние на гибкость макромолекул.
- 15) В чем заключается различие между понятиями «кинетическая» и «термодинамическая гибкость» полимерной цепи?
- 16) В чем различие механизмов гибкости жестко- и гибкоцепных полимеров? Приведите примеры таких полимеров.
- 17) Какие существуют подходы к оценке размеров макромолекул в случае жестко- и гибкоцепных полимеров?
- 18) Какие существуют подходы к моделированию полимерной цепи? Приведите основные модели и объясните различия между ними.
- 19) Что такое статистический сегмент или сегмент Куна? Выведите формулу для оценки размеров сегментированной цепи.
- 20) Что такое «персистентная длина цепи»? Какие подходы к ее оценке вам известны?
- 21) Что понимают под полидисперсностью синтетических полимеров и каковы причины ее обуславливающие?
- 22) Что такое коэффициент полидисперсности? Каким образом можно оценить этот параметр?
- 23) В чем заключается физический смысл понятий «среднечисловая» и «средневесовая молекулярная масса»? Приведите формулы для расчета этих характеристик.
- 24) Что такое молекулярно-массовое распределение (ММР)?

- 25) В чем заключается различие между интегральными и дифференциальными функциями ММР? Для одного и того же полидисперсного полимера изобразите данные функции.

## Тема 2. «Растворы полимеров»

### Тестовые задания

- 1) Полимерный раствор – это жидкая гомогенная система, состоящая как минимум из:
  - а) одного компонента
  - б) двух компонентов
  - в) трех компонентов
  - г) четырех компонентов
  
- 2) Растворы полимеров представляют собой истинные растворы, критериями которых являются:
  - а) необратимость
  - б) самопроизвольность образования
  - в) наличие поверхности раздела
  - г) однофазность и гомогенность
  - д) постоянство концентрации во времени
  - е) термодинамическая и агрегативная неустойчивость
  
- 3) Какие из утверждений, касающихся полимерных растворов, являются верными:
  - а) низкая вязкость
  - б) способность к гелеобразованию
  - в) высокие значения интенсивности рассеяния видимого света
  - г) высокие значения коэффициента диффузии
  
- 4) Вставьте пропущенное слово:  
 «Набухание – это односторонний процесс поглощения полимером низкомолекулярной жидкости, сопровождающийся \_\_\_\_\_ массы и объема образца без нарушения его целостности»
  - а) уменьшением
  - б) увеличением
  - в) сохранением
  
- 5) Степень набухания  $\beta$  рассчитывается по формуле:
  - а)
  - б)
  - в)
  - г)
  
- 6) Зависимость степени набухания  $\beta$  от времени  $t$  в случае полимера, ограниченно набухающего в растворе, изображена на графике:
  - а)
  - б)



7) Установите соответствие между способами выражения концентрации полимера в растворе и их определением:

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| а) Объемная доля полимера в растворе | 1) отношение массы полимера к объему раствора                                |
| б) Массовая (весовая) доля           | 2) отношение количества полимерных макромолекул (в молях) к объему раствора  |
| в) Мольная доля полимера в растворе  | 3) отношение количества мономерных звеньев к объему раствора                 |
| г) Весовая концентрация              | 4) отношение массы полимера к массе раствора                                 |
| д) Мольная концентрация              | 5) отношение количества макромолекул к количеству молей компонентов раствора |
| е) Осново-мольная концентрация       | 6) отношение суммарного объема, занимаемого всеми макромолекулами в растворе |

8) Раствор, в котором макромолекулы находятся друг от друга на расстоянии, значительно превышающем их собственные размеры, называется:

- гомогенным
- разбавленным
- истинным
- концентрированным

9) В случае концентрации кроссовера ( $C^*$  или  $\varphi^*$ ):

- $C^* = C_{\text{клубок}}$  ( $\varphi^* = \varphi_{\text{клубок}}$ )
- $C^* > C_{\text{клубок}}$  ( $\varphi^* > \varphi_{\text{клубок}}$ )
- $C^* < C_{\text{клубок}}$  ( $\varphi^* < \varphi_{\text{клубок}}$ )
- $C^* \geq C_{\text{клубок}}$  ( $\varphi^* \geq \varphi_{\text{клубок}}$ )

10) Для конденсированных несжимаемых систем, когда можно пренебречь влиянием давления, правило фаз Гиббса записывается в виде:

- $f = K + \Phi - 1$
- $f = K + \Phi + 1$

$$в) f = K - \Phi - 1$$

$$г) f = K - \Phi + 1$$

- 11) На рисунке, представленном ниже, показан пример фазовой диаграммы с ВКТР для двухкомпонентной системы «полимер-растворитель». Какие из утверждений, относительно этой диаграммы, являются верными:

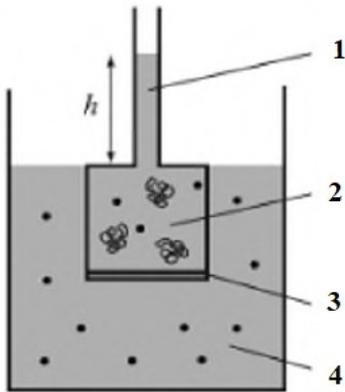


- а) область выше кривой соответствует однофазной системе  
 б) в точке  $A_2$ :  $f = 2 + 1 + 1 = 4$ , система имеет 4 степени свободы  
 в) точке  $A_1$  отвечает истинный раствор полимера в растворителе  
 г) область ниже кривой отвечает однофазной системе  
 д) в точке В система расслаивается на две фазы  
 е) соотношение объемов двух фаз обратно пропорционально отношению величин отрезков между точками  $B_1$ , В и  $B_2$   
 ж) свойства системы в каждой точке фазовой диаграммы зависят от пути достижения равновесия
- 12) Изменение энтальпии при растворении в случае систем с ВКТР, рассчитывается по формуле:
- а)  $\Delta H_{см} = H_{раствор} - H_{раст-ль} - H_{полимер} > 0$   
 б)  $\Delta H_{см} = H_{раствор} + H_{раст-ль} - H_{полимер} > 0$   
 в)  $\Delta H_{см} = H_{раствор} + H_{раст-ль} + H_{полимер} > 0$   
 г)  $\Delta H_{см} = H_{раствор} - H_{раст-ль} + H_{полимер} > 0$
- 13) Типичным примером систем с ВКТР является:
- а) нитроцеллюлоза – этиловый спирт  
 б) полиэтиленоксид – вода  
 в) метилцеллюлоза – вода  
 г) ацетилцеллюлоза – хлороформ
- 14) Типичным примером систем с НКТР является:
- а) полистирол – циклогексан  
 б) полиизобутилен – бензол  
 в) ацетилцеллюлоза – хлороформ  
 г) метилцеллюлоза – вода
- 15) На рисунке представлена фазовая диаграмма «полимер - растворитель», в которой



- а) НКТР = ВКТР
- б) НКТР < ВКТР
- в) НКТР > ВКТР
- г) НКТР ≥ ВКТР

16) Укажите (соотнесите) основные конструктивные элементы (обозначенные цифрами) простейшего экспериментального прибора для измерения осмотического давления:



- а) ячейка растворителя
- б) ячейка раствора
- в) капилляр
- г) полупроницаемая мембрана

- 17) Какое из утверждений относительно идеального раствора является не верным:
- а)  $\Delta S_{см}$  представляет собой комбинаторную энтропию смешения молекул растворенного вещества и растворителя
  - б)  $\Delta H_{см} = 0$ , т.е. теплота при растворении не выделяется и не поглощается
  - в)  $\Delta V_{см} \neq 0$ , т.е. объем раствора не равен сумме объемов компонентов
  - г) объемы молекул растворенного вещества и растворителя приблизительно одинакового размера и равны размеру одной ячейки
- 18) Осмотическое давление  $\pi$  раствора полимера рассчитывается по формуле:
- а)
  - б)
  - в)
  - г)
- 19) Какие из допущений в рамках простейшей решетчатой модели атермического раствора (теория Флори-Хаггинса), являются верными:

- а) общее количество ячеек решетки равно  $N_1 + N_2$
- б)  $\Delta V_{см} = 0$ , т.е. объем раствора равен сумме объемов компонентов
- в) полимер находится в режиме концентрированного раствора, т.е. плотность сегментов не постоянна в пределах решетки
- г)  $\Delta S_{см}$  есть комбинаторная энтропия всех возможных перестановок макромолекул полимера и молекул растворителя в решетке
- д) макромолекула считается свободно сочлененной цепью, состоящей из  $P$  сегментов или мономерных звеньев объемом, равным объему молекулы растворителя и, следовательно, объему ячейки

20) Параметр Хаггинса вычисляют по формуле:

- а)
- б)
- в)
- г)

### **Лабораторная работа № 2** **Вязкость ньютоновских и неньютоновских жидкостей** **(ротационный вискозиметр)**

Родственные понятия: реология, напряжение сдвига, внутреннее трение, градиент скорости, пластическая и динамическая вязкости, ньютоновская и неньютоновская жидкости.

Принцип и цели:

Вязкость жидкостей может быть определена с помощью ротационного вискозиметра. Он состоит из мотора с переменной скоростью вращения, приводящего в движение цилиндр, погруженный в исследуемую жидкость с помощью спиральной пружины. Вязкость жидкости генерирует момент вращения в цилиндре, который может быть измерен с помощью закручивания спиральной пружины и определен визуально по показанию прибора.

Определение градиента скорости вращения как функции напряжения сдвига для двух ньютоновских жидкостей (глицерина и вазелинового масла).

Построение кривой течения для неньютоновской жидкости (шоколада).

Исследование температурной зависимости вязкости касторового масла и глицерина.

Оборудование и материалы:

Ротационный вискозиметр Brookfield LV (USA), штатив с зажимом для вискозиметра, магнитная мешалка с обогревом, электронный термометр, низкий стеклянный стакан (600 мл), высокий стеклянный стакан (250 мл), стеклянная палочка ( $l=200$  мм,  $d=5$  мм), магнитный брусок ( $l=30$  мм), сепаратор для магнитного бруска, глицерин, вазелиновое масло, касторовое масло, ацетон, х.ч., шоколад.

### **Вопросы для отчета по Лабораторной работе № 2**

- 1) В чем заключается сходство и различие свойств полимерных растворов низкомолекулярных соединений?
- 2) Что такое ограниченное и неограниченное набухание полимеров? Напишите выражение для степени набухания?

- 3) В чем заключается физический смысл перехода от разбавленных растворов полимеров к полуразбавленным и концентрированным? Приведите количественные критерии указанных переходов.
- 4) Какие типы фазовых диаграмм наблюдаются для полимерных растворов? Обоснуйте появление на фазовых диаграммах полимерных растворов верхней и нижней критических температур растворения.
- 5) Каковы основные положения термодинамики растворов полимеров? В рамках теории Флори – Хаггинса рассчитайте энтальпию и энтропию смешения полимера с низкомолекулярным растворителем.
- 6) Что такое термодинамическое качество растворителя? Приведите количественные критерии для оценки этого параметра.
- 7) В чем заключается физический смысл положительного и отрицательного отклонения полимерного раствора от идеального поведения?
- 8) Что такое  $\Theta$ -условия для полимерного раствора? Раскройте физический смысл и природу  $\Theta$ -состояния полимерного раствора.
- 9) Каким образом можно определить  $\Theta$ -температуру? Приведите, по крайней мере, два экспериментальных метода для определения этой характеристики.
- 10) В чем заключается физический смысл понятия «невозмущенные размеры макромолекулы»?
- 11) В каких условиях макромолекула имеет невозмущенные размеры? Приведите, по крайней мере, два экспериментальных метода их оценки.
- 12) Каковы теоретические основы исследования растворов полимеров методом осмометрии? Выведите уравнение состояния полимеров в растворе.
- 13) Каким образом определяют молекулярную массу полимера с использованием метода осмометрии?
- 14) Что такое второй вириальный коэффициент? Приведите экспериментальные методы для определения этого параметра.
- 15) Каковы причины повышенной вязкости полимерных растворов по сравнению с растворами низкомолекулярных соединений? Сравните гидродинамическое поведение полимерного раствора и раствора низкомолекулярного соединения.
- 16) Каковы теоретические основы исследования растворов полимеров методом вискозиметрии? Приведите основные законы, описывающие течение жидких сред.
- 17) Что такое относительная, удельная, приведенная и характеристическая вязкость? Напишите для них соответствующие выражения и объясните, каким образом экспериментально определяют эти величины.
- 18) Какие характеристики полимеров можно определить методом вискозиметрии?
- 19) В чем заключается физический смысл понятия «характеристическая вязкость»? Перечислите факторы, влияющие на этот параметр.
- 20) Каким образом приведенная вязкость раствора полимера зависит от его концентрации? Напишите уравнение, связывающее приведенную вязкость раствора и его концентрацию.
- 21) Каким образом можно оценить размер макромолекулы методом вискозиметрии? Выведите уравнение Флори-Фокса для раствора полимера в  $\Theta$ -условиях и обоснуйте возможность его использования для оценки размеров макромолекул при положительном и отрицательном отклонении от идеального поведения.
- 22) Что такое коэффициент набухания макромолекулярного клубка? Объясните зависимость этого параметра от качества растворителя.
- 23) Какое уравнение используют для определения средневязкостной молекулярной массы полимера? Обоснуйте зависимость этой величины от качества растворителя.
- 24) Каковы основные принципы фракционирования полимеров? Сравните основные экспериментальные методики фракционирования полимеров с указанием их достоинств и недостатков.

- 25) В чем заключается принципиальное различие между препаративным и аналитическим фракционированием?
- 26) Каковы теоретические основы исследования растворов полимеров методом светорассеяния? Перечислите характеристики, которые могут быть экспериментально измерены этим методом.
- 27) В чем разница между статическим и динамическим светорассеянием? Оцените возможности этих методов для исследования растворов полимеров.

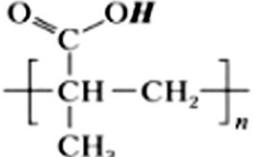
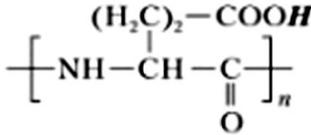
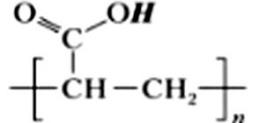
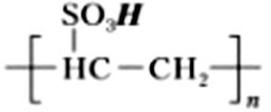
### Тема 3. «Полиэлектролиты»

#### Тестовые задания

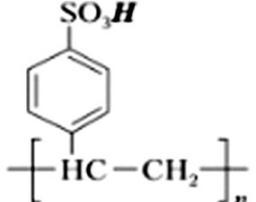
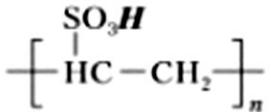
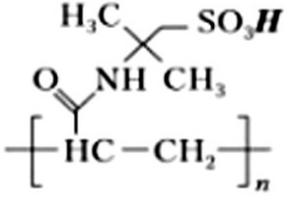
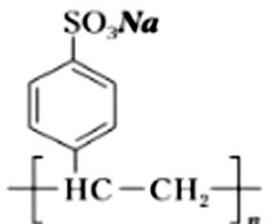
- 1) Установите соответствие между термином и его определением:

- |                  |  |
|------------------|--|
| а) Поликислоты   | 1) полиэлектролиты, которые могут как отщеплять, так и принимать $H^+$ в водном растворе                               |
| б) Полиоснования | 2) полиэлектролиты, которые диссоциируют с образованием отрицательно заряженного полианиона и ионов $H^+$ ( $H_3O^+$ ) |
| в) Полиамфолиты  | 3) полиэлектролиты, способные принимать протон, образуя при этом положительно заряженные поликатионы                   |

- 2) Из приведенных формул звену полиакриловой кислоты отвечает формула:

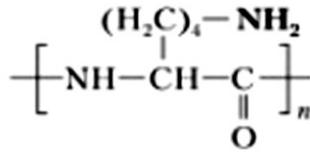
- |    |   |    |   |
|----|---|----|---|
| а) |  | б) |  |
| в) |  | г) |  |

- 3) Из приведенных формул звену полистиролсульфоновой кислоты отвечает формула:

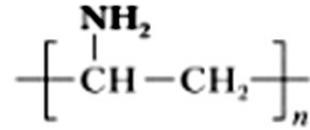
- |    |   |    |   |
|----|---|----|---|
| а) |  | б) |  |
| в) |  | г) |  |

4) Из приведенных формул звену поли-4-винилпиридина отвечает формула:

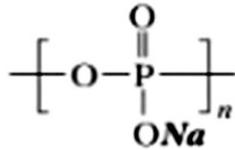
а)



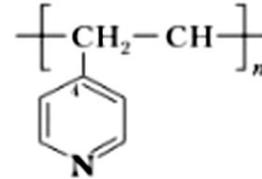
б)



в)

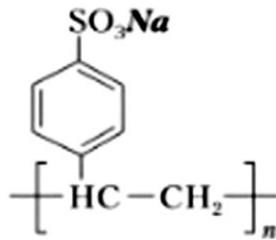


г)

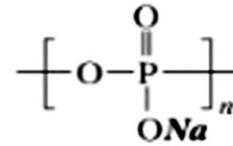


5) Из приведенных формул звену полистиролсульфонату натрия отвечает формула:

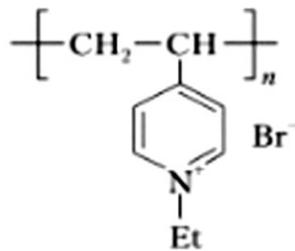
а)



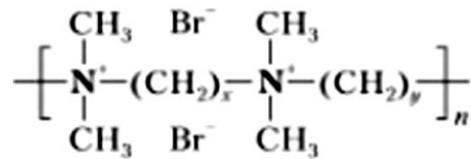
б)



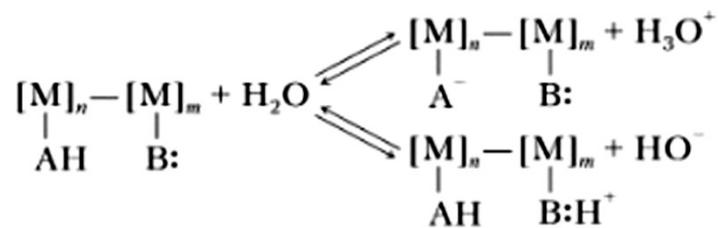
в)



г)



6) На рисунке представлена диссоциация



а) полиамфолита

б) полиоснования

в) полисоли

г) поликислоты

7) Аниониты содержат группу:

а)  $-\text{SO}_3\text{H}$

б)  $-\text{COOH}$

в)  $-\text{PO}(\text{OH})_2$

г)  $-\text{NH}_2$

8) Отношение Доннана является верным, если:

- а)
- б)
- в)
- г)

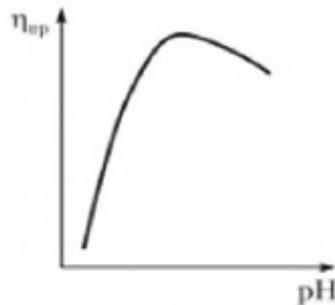
9) Уравнение Гендерсона-Хасельбаха для полиэлектролита имеет вид:

- а)
- б)
- в)
- г)

10) Какие утверждения относительно поликислот, способных к образованию вторичных структур, являются верными:

- а) образованию вторичной структуры в полиметакриловой кислоте не способствует гидрофобное взаимодействие боковых метильных групп
- б) вторичные структуры поликислот устойчивы только в неионизированном или слабо ионизированном состоянии
- в) диссоциация приводит к разрушению вторичной структуры вследствие возрастающего электростатического отталкивания одноименно заряженных звеньев макромолекулы
- г) разрушение вторичных структур в полимерах не носит кооперативный характер

11) На графике представлена зависимость приведенной вязкости от рН бессолевого водного раствора для



- а) поливиниламина
- б) полиакриловой кислоты
- в) полилизина
- г) полифосфата натрия

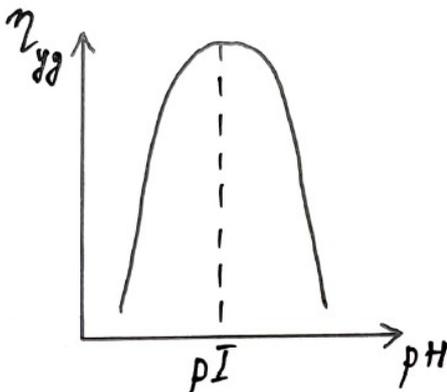
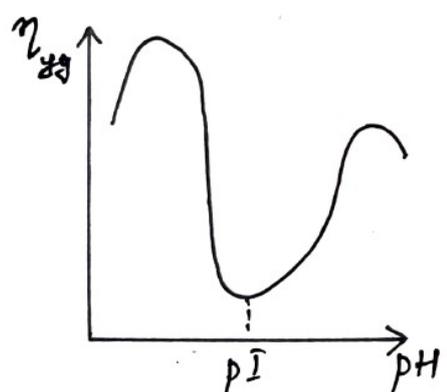
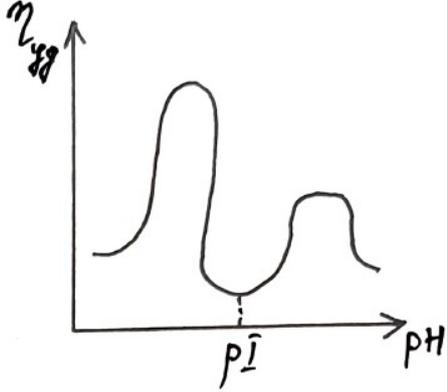
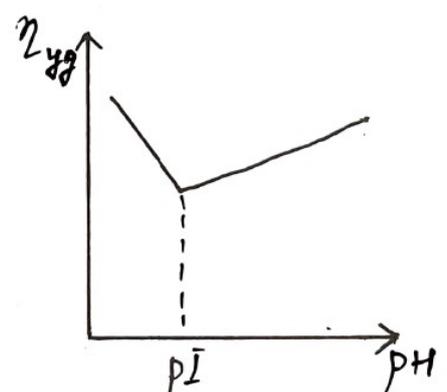
12) Ионную силу раствора вычисляют по формуле:

- а)
- б)
- в)
- г)

13) Изоэлектрическая точка нуклеиновых кислот лежит в области рН:

- а) 7 – 9
- б) 5 – 7
- в) 3 – 4
- г) 1 – 2

14) Типичная зависимость удельной вязкости раствора неструктурированного полиамфолита от рН представлена на графике:

- а) 
- б) 
- в) 
- г) 

б)

г)

15) Какие из утверждений относительно кооперативных реакций макромолекул полиэлектролитов являются верными:

- а) в кооперативных системах состояние каждого элемента зависит от состояния системы в целом
- б) полимеры, все звенья (элементы) которых связаны ионными связями в единую цепь, являются типичными кооперативными системами
- в) кооперативный характер взаимодействия является причиной существенного сдвига равновесия в химических реакциях ионного обмена между полиэлектролитами по сравнению с теми же реакциями их низкомолекулярных аналогов
- г) в отличие от реакций образования интерполиэлектролитных комплексов образование интерполимерных комплексов за счет водородных связей не происходит благодаря энтальпийному выигрышу
- д) большинство нуклеиновых кислот существует в клетке только в виде интерполимерных комплексов с белками – нуклеопротеидами

16) Определите степень связывания противоионов частично нейтрализованной полиакриловой кислоты (степень диссоциации  $\alpha = 0,6$ ) в бессолевом водном растворе

концентрацией  $v_m = 0,02$  осново-моль/л, если осмотическое давление этого раствора при 27 °С составляет 0,1 атм. ( $R = 0,082$  л·атм/(моль·К):

- а) 0,66
- б) 0,34
- в) 0,72
- г) 0,28

- 17) рН водного раствора полиакриловой кислоты (ПАК) при добавлении к нему водного раствора поли-N-этил-4-винилпиридиний бромида:
- а) увеличивается
  - б) уменьшается
  - в) сначала увеличивается, потом уменьшается
  - г) не изменяется
- 18) Определите степень диссоциации частично нейтрализованной полиакриловой кислоты ( $\alpha$ ), если доля свободных противоионов составляет 0,28, концентрация ее в бессолевом водном растворе  $v_m = 0,05$  осново-моль/л, осмотическое давление этого раствора при 25 °С составляет 0,15 атм. ( $R = 0,082$  л·атм/(моль·К):
- а) 0,26
  - б) 0,34
  - в) 0,43
  - г) 0,56
- 19) Показатель  $a$  в уравнении Марка-Куна-Хаувинка для раствора полиакриловой кислоты (ПАК) при замене растворителя воды на диоксан:
- а) увеличивается
  - б) уменьшается
  - в) сначала увеличивается, потом уменьшается
  - г) не изменяется
- 20) Изоионная точка (ИИТ) полиамфолита равна 4,0. Каково соотношение между изоионной и изоэлектрической (ИЭТ) точками этого полиамфолита?
- а) ИЭТ > ИИТ
  - б) ИЭТ = ИИТ
  - в) ИЭТ < ИИТ
  - г) ИЭТ  $\geq$  ИИТ

### **Лабораторная работа № 3** **Определение изоэлектрической точки полиамфолита**

Цель работы. Определение изоэлектрической точки желатина методом вискозиметрии.

Реактивы: желатин пищевой, 0.02 н водный раствор гидроксида натрия, 0.03 н водный раствор HCl.

Приборы и посуда: лабораторный рН-метр, термостат, термометр, магнитная мешалка, аналитические весы, вискозиметр, секундомер, резиновая груша, плоскодонная колба на 50 мл, мерный цилиндр на 25 мл, бюретка на 20 мл (2 шт.).

Методика работы и обработка результатов:

Работа выполняется на рН-метре со стеклянным электродом в качестве измерительного при 40 °С.

Изоэлектрическую точку желатина определяют по изменению вязкости его раствора при титровании кислотой и щелочью. Готовят 50 мл 1 %-ного раствора желатина в воде,

растворяя его при нагревании до температуры не выше 40 °С и перемешивая с помощью магнитной мешалки.

Часть приготовленного раствора (20 мл) помещают в термостатированную ячейку для титрования и титруют 0.03 н раствором соляной кислоты, одновременно измеряя вязкость раствора. Вязкость измеряют для исходного раствора и в процессе титрования кислотой вблизи следующих значений рН: 4.75, 4.5, 4.0, 3.5, 3.0, 2.5, 2.1. По окончании титрования электроды промывают дистиллированной водой, вискозиметр тщательно моют горячей водой и определяют время истечения чистого растворителя (дистиллированной воды) при 40 °С.

Другую порцию (20 мл) раствора желатина титруют 0.02 н раствором гидроксида натрия. Вязкость измеряют для исходного раствора и вблизи следующих значений рН: 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0.

Форма записи результатов:

Время истечения чистого растворителя  $t_0 = c$

Количество добавленной кислоты или щелочи, мл	рН	Время истечения раствора $t$ , с	$\eta_{\text{омн.}} = t/t_0$	$\eta_{\text{вд.}} = t/t_0 - 1$

Строят кривую потенциометрического титрования раствора желатина и кривую зависимости удельной вязкости раствора желатина от рН раствора. Отмечают изоэлектрическую точку желатина.

Задание. Объяснить зависимость вязкости раствора полимерного амфотерного электролита от рН раствора; дать определение изоэлектрической точки полиамфолита, объяснить «размытость» кривой титрования желатина.

### Вопросы для отчета по Лабораторной работе № 3

- 1) Каковы особенности физико-химического поведения полиэлектролитов по сравнению с низкомолекулярными электролитами?
- 2) Что такое поликислоты, полиоснования, полисоли и полиамфолиты? Приведите примеры этих соединений.
- 3) Что такое ионообменные смолы? Каковы способы их получения и области применения?
- 4) Каким образом можно определить молекулярную массу полиэлектролита, используя метод осмометрии? Выведите уравнение состояния полиэлектролита в водном солевом растворе.
- 5) Каковы особенности диссоциации полиэлектролитов, обладающих вторичной структурой?
- 6) В чем заключаются различия физико-химического поведения полиэлектролитов в бессолевых и солевых растворах? Выведите уравнение зависимости осмотического давления от концентрации для бессолевого и солевого растворов.
- 7) Каковы природа и механизм кооперативных реакций между макромолекулами полиэлектролитов?
- 8) Что такое интерполиэлектролитные комплексы и каковы области их применения?
- 9) В чем заключается эффект Доннана для водно-солевых растворов полиэлектролитов? Выведите уравнение для отношения Доннана  $r_D$  и поясните физический смысл этой величины.
- 10) Что такое изоэлектрическая и изоионная точки? Приведите факторы, влияющие на эти параметры.

### Тема 4. «Структура и механические свойства полимеров»

## Лабораторная работа № 4 Определение совместимости полимеров

### Оборудование и реактивы:

Эпоксидная смола Э05-М/2  
Фенолформальдегидная смола ФПФ  
Изофорон  
Целлозольв  
Предметные стекла  
КФК  
Бюксы  
Микрометр

**Выполнение анализа.** Готовят 40%-ные растворы эпоксидной и фенолформальдегидной смолы с учетом массовой доли нелетучих веществ. Далее готовят в бюксах смеси смол в массовых соотношениях 10:0, 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, 4:6, 3:7, 2:8, 1:9, 0:10. Методом “налива” наносят смеси полимеров на предметные стекла таким образом, чтобы полимер равномерно распределялся по поверхности стекла. После 10-ти минутной выдержки на воздухе подложки с нанесенными смесями полимеров отверждают в сушильном шкафу при 200 °С в течение 1 ч. После охлаждения измеряют оптическую плотность подложки вместе с пленкой, используя в качестве сравнения стеклянную пластинку. С помощью микрометра измеряют толщину подложки с пленкой полимера. Результаты измерений заносят в таблицу\*:

соотношение	$d_1$	$\delta_1$	$d_2$	$\delta_2$	$g_{1,2}$	$l_1 = \delta_1 - g_{1,2}$	$l_2 = \delta_2 - g_{1,2}$	$l_{cp.}$	$D_1 = d_1 / l_1 \cdot l_{cp.}$	$D_2 = d_2 / l_2 \cdot l_{cp.}$	$D_{привед.}$
10:0											
9:1											
8:2											
7:3											
6:4											
5:5											
4:6											
3:7											
2:8											
1:9											
0:10											

\*Примечание.  $d_1$  и  $d_2$  – оптическая плотность пленки на подложке при измерении в двух положениях;  $\delta_1$  и  $\delta_2$  – толщина подложки с пленкой, мкм;  $g_{1,2}$  – толщина подложки, мкм;  $l_1$  и  $l_2$  – толщина пленки при измерении оптической плотности в двух положениях, мкм;  $l_{cp.}$  – средняя толщина пленки;  $D_1$  и  $D_2$  – усредненные значения оптической плотности при двух измерениях;  $D_{привед.}$  – приведенная оптическая плотность.

На основе полученных результатов строят график зависимости приведенной оптической плотности от соотношения полимеров.

### Вопросы для отчета по Лабораторной работе № 4

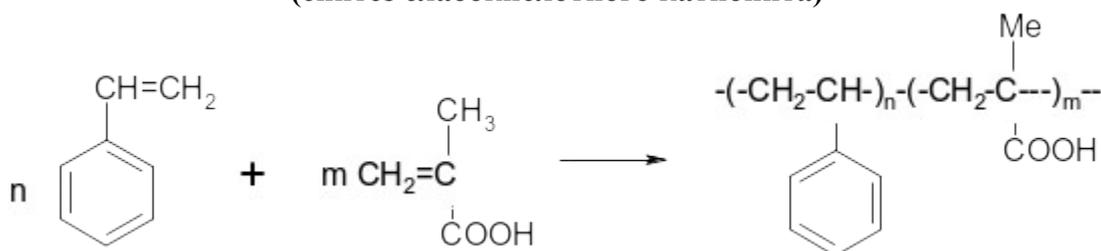
- 1) Что такое упругость, течение и вязкоупругость? Приведите законы, описывающие упругое поведение твердых тел и течение вязких жидкостей.
- 2) Какие существуют механические модели вязкоупругих тел?
- 3) Каковы современные представления о структуре аморфных полимеров?

- 4) Каковы молекулярно-кинетические основы физико-механического поведения аморфных тел?
- 5) Что такое стеклообразование, высокоэластическое и вязкотекучее состояния аморфных полимеров? Проанализируйте с молекулярно-кинетических позиций различие в физико-механическом поведении стеклообразных полимеров, каучуков и полимерных жидкостей.
- 6) Что такое температура стеклования и температура текучести и каковы методы их определения? Обоснуйте влияние молекулярной массы аморфного полимера на его температуру стеклования и температуру текучести.
- 7) От каких факторов зависит модуль упругости каучука? Предложите практические пути целенаправленного изменения этого параметра.
- 8) Каким образом вулканизация влияет на вязкоупругое поведение каучуков? Изобразите кривые ползучести и кривые релаксации напряжения для линейного и редкосшитого каучука.
- 9) Каким образом можно расширить температурный интервал эксплуатации каучуков? Предложите, по крайней мере, два метода модификации для решения этой проблемы.
- 10) Что такое температурно-временная суперпозиция? Приведите уравнение Вильямса-Ландела-Ферри и поясните физический смысл фактора сдвига.
- 11) Какова природа обратимой деформации каучуков? Сравните механизмы высокоэластической обратимой деформации каучуков и упругой обратимой деформации кристаллов.
- 12) В чем заключаются особенности стеклования полимеров по сравнению со стеклованием низкомолекулярных соединений? Обоснуйте дуалистическую природу стеклования полимеров.
- 13) Каковы критерии кристаллизации полимеров? Приведите примеры кристаллизующихся и некристаллизующихся полимеров.
- 14) От каких факторов зависит температура плавления полукристаллических полимеров? Предложите возможные варианты повышения этого параметра.
- 15) Каковы основные положения термодинамики и кинетики кристаллизации полимеров? Предложите методы повышения степени кристалличности и температуры плавления полимеров за счет варьирования температурно-временных режимов кристаллизации.
- 16) Каковы основные различия механизмов деформации полимерных стекол и полукристаллических полимеров?
- 17) Что такое прочность материала? Предложите практические пути повышения прочности полимеров.
- 18) Что такое долговечность материала? Напишите выражение для долговечности материала и объясните, от каких факторов зависит этот параметр.

### Тема 5. «Синтез полимеров»

#### Лабораторная работа № 5

#### Сополимеризация стирола и метакриловой кислоты (МАК) в массе (синтез слабокислотного катионита)



Цель работы: синтез сополимера стирола и метакриловой кислоты со свойствами слабокислотного катионита в условиях блочной полимеризации, определение выхода

сополимера, его состава, степени набухания и статистической емкости в зависимости от соотношения сомономеров.

Реактивы:

Стирол ( $d_4^{20}$  0,906), метакриловая кислота ( $d_4^{20}$  1.015), суммарный вес 5 г

а) перекись бензола (ПБ). 2-3 % к суммарному весу мономеров

б) азодиизобутиронитрил (АИБН)

Растворители (диоксан, ацетон, толуол)

Приборы и посуда:

Пробирки-реакторы емкостью 50-100 мл, снабженные обратными холодильниками, баня водяная, нагревательный прибор (электрическая плитка с закрытой спиралью).

Выполнение работы:

Собирают три прибора для проведения полимеризации в массе. В реактор вводят указанные количества сомономеров и инициатора, присоединяют их к обратным холодильникам, помещают на водяную баню, нагревая последнюю до кипения. Развитие процесса сополимеризации отмечают визуально по вспениванию реакционной массы. Во избежание выброса продуктов реакции при появлении вспенивания реакторы необходимо поднять из водяной бани. После прекращения вспенивания прибор снова опускают в кипящую баню на 30 минут. После этого нагревание прекращают, реакторы охлаждают до комнатной температуры и отсоединяют от обратного холодильника. Образовавшуюся твердую вспененную массу - сополимер стирола и МАК выгружают из реактора проволочным шпателем (в случае образования прочного блока реактор необходимо разбить, предварительно обернув его полотенцем). Сополимер взвешивают, рассчитывают его выход. Определяют предварительную оценку способности полученного сополимера к набуханию в растворителях (диоксане, ацетоне, толуоле, воде) и в их смесях (диоксан-вода 1:1, 2:1 и 3:1) при комнатной температуре и 50 °С.

### Вопросы для отчета по Лабораторной работе № 5

- 1) Каковы принципиальные различия между реакциями цепной полимеризации и ступенчатого синтеза? Приведите примеры полимеров, которые могут быть получены и цепной полимеризацией, и поликонденсацией.
- 2) Какие существуют основные типы реакций цепной полимеризации? Укажите достоинства и недостатки каждого из них.
- 3) Какими методами осуществляют иницирование радикальной полимеризации? Приведите возможные механизмы иницирования и напишите уравнение для скорости иницирования радикальной полимеризации.
- 4) Какие факторы определяют максимально достижимую степень полимеризации? Из кинетических данных выведите уравнение для степени полимеризации.
- 5) Какие факторы определяют скорость радикальной и катионной полимеризации и молекулярную массу образующегося полимера?
- 6) Каким образом можно получить изотактический полипропилен с узким молекулярно-массовым распределением? Обоснуйте выбор механизма процесса и инициатора.
- 7) Каким образом можно получить 1,4-*цис*-полиизопрен?
- 8) Что такое полимеризационно-деполимеризационное равновесие и предельные температуры полимеризации? Выведите уравнение для константы равновесия.
- 9) Каковы различия кинетики радикальной полимеризации в блоке на малых (до 10-15%) и глубоких степенях превращения?
- 10) Каким образом влияет температура на скорость радикальной, катионной и анионной полимеризации и молекулярную массу полимеров?
- 11) Какие основные допущения используют при рассмотрении кинетики радикальной и катионной полимеризации? Выведите уравнение скорости для радикальной и катионной полимеризации?

- 12) Каковы особенности полимеризации на «живых» цепях? Приведите примеры полимеров, которые могут быть получены этим методом.
- 13) Что такое сополимеризация? Перечислите основные типы сополимеров и предложите методы их получения.
- 14) Какие допущения применяют при выводе уравнения состава сополимера?
- 15) Каковы количественные параметры реакционной способности мономеров в радикальной сополимеризации?
- 16) Какие существуют промышленные методы полимеризации? Укажите достоинства и недостатки каждого из них.
- 17) В чем заключаются сходства и различия процессов поликонденсации и полиприсоединения? Приведите примеры полимеров, полученных тем и другим методом.
- 18) Какие факторы влияют на молекулярную массу поликонденсационных полимеров?

### Тема 6. «Химические превращения полимеров»

#### Лабораторная работа № 6

#### Термическая деполимеризация полиметилметакрилата



**Цель работы:** изучение взаимных превращений между полимером и мономером; получение мономера из остатков (отходов) полимера способом термической деполимеризации.

**Реактивы:**

Отходы полиметилметакрилата 20-25 г

Кальций хлористый 2-3 г

Гидрохинон 0,2-0,4 г

**Приборы:**

Реторта стальная, холодильник Либиха, колба Фаворского, термометр до 150 °С, колбы конические (Эрленмейера) емкостью 50-100 мл (2 шт.), асбестовая сетка, асбестовое одеяло (40x20 см), рефрактометр.

Навеску полимера (20-25 г) смешивают с равным количеством сухого песка и помещают в стальную реторту, которая герметизируется навинчивающейся крышкой с встроенным пароотводом.

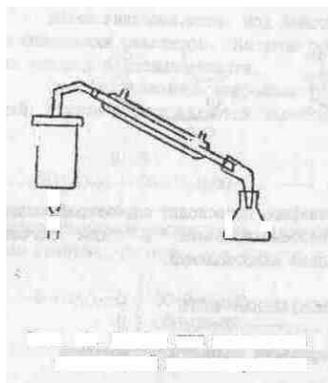


Рис. Прибор для проведения деполимеризации

**Выполнение работы.** К пароотводу присоединяют холодильник Либиха с алонжем (см. рис.). Реторту нагревают на спиртовке. Первые 3-5 мл конденсата собирают в отдельный приемник и выбрасывают. Основную фракцию мономера собирают в предварительно взвешенный приемник. Полученный сырой мономер взвешивают, определяют его выход, а затем добавляют в него несколько крупинок хлористого кальция для обезвоживания. Через 5-10 мин осушитель отфильтровывают через складчатый или мятый фильтр и перегоняют при атмосферном давлении из колбы с елочным дефлегматором (колба Фаворского), снабженной холодильником Либиха и термометром на 150 °С. Для предотвращения термополимеризации метилметакрилата в куб колбы Фаворского предварительно помещают ингибитор полимеризации гидрохинон в количестве 0,2-0,4 г (на кончике шпателя). Затем в колбу помещают фарфоровые кипелки и начинают перегонку. Основную фракцию собирают при температуре кипения мономера в **с у х о й** приемник. Определяют выход очищенного мономера, устанавливают его показатель преломления ( $n_D^{20}$ ), которые сравнивают со справочными значениями:  $t_{\text{кип.}}$  100 °С;  $d_4^{20}$  0.936;  $n_D^{20}$  1,4130. Полученный метилметакрилат можно использовать для получения гомо- и сополимеров.

### Вопросы для отчета по Лабораторной работе № 6

- 1) Каковы основные различия между химическими реакциями макромолекул и аналогичными реакциями низкомолекулярных соединений?
- 2) Какие существуют типы химических реакций с участием макромолекул?
- 3) Что такое полимераналогичные реакции и каковы основные направления их практического использования? Приведите примеры полимеров, которые могут быть получены только с использованием полимераналогичных реакций.
- 4) Что такое внутримолекулярные превращения и каковы основные направления их практического использования? Приведите примеры полимеров, которые могут быть получены с использованием внутримолекулярных превращений.
- 5) Каким образом может быть получен поливинилден? Предложите, по крайней мере, три способа.
- 6) Каким образом можно получить сшитый эластомер на основе полиэтилена? Напишите соответствующие химические реакции.
- 7) Какие типы деструкционных процессов наблюдаются для полимеров?
- 8) В чем заключается механизм стабилизации полимеров? Приведите примеры используемых в промышленности стабилизаторов.
- 9) Каковы основные отличия цепной деполимеризации от деструкции по закону случая? Приведите примеры полимеров, деструкция которых протекает по тому или другому механизму.
- 10) В чем заключается механизм сшивания полимеров и каковы основные направления практического использования этого метода химической модификации?
- 11) Какие существуют способы получения блок- и привитых сополимеров? Приведите примеры и напишите соответствующие химические реакции.
- 12) Каким образом можно различить блок-сополимер и смесь соответствующих гомополимеров? Предложите, по крайней мере, два способа.

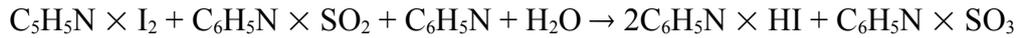
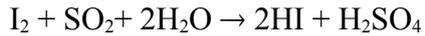
## Тема 7. «Полимерные материалы»

### Лабораторная работа № 7

#### Определение микроколичеств воды в поликонденсационных смолах по методу Фишера

Метод основан на взаимодействии воды, находящейся в испытуемом образце, с реактивом Фишера, представляющим собой раствор иода, диоксида серы и пиридина в метаноле.

Реакция протекает по схеме



Таким образом, метанол не только является растворителем, но и вступает в химическую реакцию. Пиридин необходим, чтобы связывать образующуюся при реакции кислоту и сдвинуть равновесие вправо. Титрование проводят электрометрически в закрытом сосуде, снабженном магнитной мешалкой и платиновыми электродами, на которые подается напряжение. Силу тока в цепи измеряют микроамперметром. Титрование реактивом Фишера проводят до тех пор, пока стрелка микроамперметра не остановится на каком-то определенном делении шкалы и не продержится в течение 30 с.

#### Аппаратура и реактивы

Прибор для определения микроколичеств воды ПМВ

Магнитная мешалка

Микробюретка с реактивом Фишера (входит в комплект прибора ПМВ)

Капельница с дистиллированной водой

Микробюксы

Реактив Фишера

Метанол, хч или чда.

Выполнение анализа. В сухую колбу от прибора вносят пипеткой 10 мл метанола и, соединив колбу с прибором через электроды, титруют реактивом Фишера при постоянном перемешивании на магнитной мешалке до точки эквивалентности. Затем в колбу с оттитрованным метанолом помещают 0,3 – 0,5 г полимера, взвешенного с погрешностью не более 0,0002 г и, титруют реактивом Фишера при постоянном перемешивании, как указано выше.

Расчет. Содержание воды в полимере (в %) вычисляют по формуле

$[H_2O] = V \cdot T \cdot 100 / m$ , где  $V$  – объем реактива Фишера, пошедший на титрование воды в образце, мл,  $T$  – титр реактива Фишера, г  $H_2O$ /мл,  $m$  – навеска образца, г.

**Установление титра реактива Фишера.** В сухую колбу от прибора вносят пипеткой 10 мл метанола и, соединив колбу с прибором через электроды, титруют реактивом Фишера при постоянном перемешивании. Затем колбу с оттитрованным метанолом вносят из капельницы 0,03 – 0,04 г (одну каплю) дистиллированной воды, взвешенной с погрешностью до 0,0002 г, и титруют реактивом Фишера при постоянном перемешивании. Для повторных титрований можно использовать оттитрованный раствор. Титр (в г  $H_2O$ /мл) реактива Фишера вычисляют по формуле  $T = m/V$ , где  $V$  – объем реактива Фишера, пошедший на титрование массы воды, мл,  $m$  – масса воды, взятая для титрования, г.

### **Вопросы для отчета по Лабораторной работе № 7**

- 1) Конструкционные полимерные материалы.
- 2) Каучуки.
- 3) Пластики.
- 4) Волокна.
- 5) Смеси полимеров.
- 6) Композиционные материалы.
- 7) Функциональные полимерные материалы и полимеры специального назначения.
- 8) Полимеры для нанотехнологии и индустрии наноматериалов.

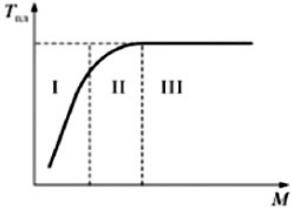
**Перечень вопросов и заданий, выносимых на экзамен**

1. Отличительные свойства полимеров и полимерных материалов. Классификация полимеров. Конфигурация макромолекул.
2. Конформация макромолекул. Основные положения конформационной изомерии макромолекул. Гибкость макромолекул. Модели полимерной цепи. Статистический сегмент. Персистентная длина цепи.
3. Молекулярно-массовые характеристики полимеров.
4. Основные понятия и определения физической химии растворов полимеров.
5. Фазовые диаграммы двухкомпонентных систем «полимер — растворитель».
6. Термодинамика растворов полимеров. Осмотическое давление раствора и его экспериментальное определение. Решетчатая модель идеального раствора и его уравнение состояния. Теория Флори—Хаггинса для полимерных растворов. Расчет энтропии смешения. Расчет энтальпии смешения. Уравнение состояния полимерного раствора.
7. Термодинамическое качество растворителя и  $\Theta$ -состояние полимерного раствора. Понятие о  $\Theta$ -температуре. Природа  $\Theta$ -состояния полимерного раствора. Температурная зависимость второго вириального коэффициента. Связь  $\Theta$ -температуры со степенью полимеризации и критической температурой растворения полимера. Невозмущенные размеры макромолекул.
8. Гидродинамические свойства разбавленных растворов полимеров. Вязкость жидкости. Причины повышенной вязкости растворов полимеров. Методология вискозиметрических измерений. Характеристическая вязкость и ее связь с размерами макромолекул и молекулярной массой полимера.
9. Теоретические основы и экспериментальные методы фракционирования полимеров. Препаративное фракционирование. Аналитическое фракционирование. Турбидиметрическое титрование. Гель-проникающая хроматография.
10. Теоретические и экспериментальные основы исследования растворов полимеров методом светорассеяния. Статическое светорассеяние малыми частицами. Статическое светорассеяние большими частицами. Динамическое светорассеяние.
11. Классификация и применение полиэлектролитов.
12. Термодинамика растворов полиэлектролитов. Осмотическое давление и эффект Доннана. Уравнение состояния полиэлектролита в водном солевом
13. растворе. Ионизационное равновесие в бессолевых растворах полиэлектролитов.
14. Конформационные превращения макромолекул линейных полиэлектролитов в растворах.
15. Особенности поведения полиамфолитов. Кооперативные реакции макромолекул полиэлектролитов.
16. Основные понятия и определения.
17. Аморфные полимеры. Структура аморфных полимеров. Молекулярно-кинетические основы физико-механического поведения аморфных тел. Термомеханический анализ. Физико-механическое поведение аморфных полимеров в высокоэластическом состоянии. Природа высокоэластичности. Вязкоупругие свойства линейных каучуков. Физико-механическое поведение сшитых каучуков. Динамометрия каучуков. Гистерезисные явления в каучуках. Динамический механический анализ. Температурно-временная суперпозиция. Стеклование полимеров. Физико-механическое поведение полимеров в стеклообразном состоянии. Вязкотекучее состояние полимеров. Пластификация полимеров.
18. Кристаллические полимеры. Надмолекулярная структура кристаллических полимеров.
19. Кристаллизация и плавление полимеров. Структурные критерии кристаллизации. Термодинамика кристаллизации и плавления. Кинетика кристаллизации. Релаксационный характер кристаллизации и плавления.

20. Температура плавления полимеров и факторы, ее определяющие. Влияние химической структуры на температуру плавления полимеров. Влияние молекулярно-массовых характеристик на температуру плавления полимеров. Влияние условий кристаллизации на температуру плавления полимеров.
21. Физико-механическое поведение полукристаллических полимеров. Термомеханический анализ полукристаллических полимеров. Динамометрия полукристаллических полимеров.
22. Прочность полимеров. Теория хрупкого разрушения Гриффита. Термокинетическая теория разрушения Журкова. Факторы, контролирующие прочность полимеров.
23. Полимеризация. Общие представления. Радикальная полимеризация. Ионная полимеризация. Катионная полимеризация. Анионная полимеризация. Сополимеризация. Радикальная сополимеризация. Ионная сополимеризация. Стереорегулирование при радикальной и ионной полимеризации. Способы проведения полимеризации.
24. Поликонденсация. Общие представления. Основные классы конденсационных полимеров. Основные стадии поликонденсации, термодинамические аспекты и кинетика процесса. Трехмерная поликонденсация. Способы проведения поликонденсации.
25. Новые методы синтеза полимеров. Полимеризация с раскрытием цикла. Металлоценовые и постметаллоценовые катализаторы в полимеризации олефинов. Метатезисная и аддитивная полимеризация. Комплексно-радикальная полимеризация. «Живая» ионная и псевдоживая радикальная полимеризация. Теломеризация. Синтез дендримеров и сверхразветвленных полимеров. «Зеленая химия» в синтезе полимеров. Полимеризация в сверхкритических средах. Синтез полимеров в ионных жидкостях.
26. Химические реакции, не сопровождающиеся изменением степени полимеризации. Полимераналогичные реакции. Эффект цепи. Эффект соседних звеньев. Конфигурационный эффект. Конформационные эффекты. Концентрационный эффект. Надмолекулярные эффекты. Электростатические эффекты. Внутримолекулярные превращения. Реакции, приводящие к образованию макромолекул с системой ненасыщенных связей. Реакции внутримолекулярной циклизации.
27. Реакции, приводящие к уменьшению степени полимеризации. Цепная деструкция. Окислительная деструкция.
28. Реакции, приводящие к увеличению степени полимеризации. Реакции сшивания. Синтез блок- и привитых сополимеров.
29. Конструкционные полимерные материалы. Каучуки. Пластики. Волокна. Смеси полимеров. Композиционные материалы.
30. Функциональные полимерные материалы и полимеры специального назначения.
31. Полимеры для нанотехнологии и индустрии наноматериалов.

**Таблица 9. Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов**

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
<b><i>ПК-3. Способен готовить объекты исследования (вещества синтетического и природного происхождения, материалы и пр.) и проводить их изучение по заданным методикам</i></b>				
1.	Задание закрытого типа	На рисунке представлена зависимость температуры плавления <i>n</i> -алканов от молекулярной массы	а – 1 б – 2 в - 3	3 мин

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		 <p>Установите соответствие областями на графике, отмеченными римскими цифрами и их характеристиками:</p> <p>а) резкое изменение свойств соответствует низкомолекулярным соединениям (до нескольких сотен углеродных единиц) 1) I 2) II 3) III</p> <p>б) область характерна для олигомерных соединений с молекулярной массой от нескольких сотен до нескольких тысяч углеродных единиц</p> <p>в) <math>T_{пл}</math> практически не зависит от молекулярной массы, отвечает высокомолекулярным соединениям или полимерам</p>		
2.		<p>Большая длина макромолекул придает им:</p> <p>а) хорошую растворимость б) гибкость в) хрупкость г) низкую вязкость</p>	б	1 мин
3.		<p>Ориентация полимеров сопровождается рекордным ростом их:</p> <p>а) растворимости б) хрупкости в) прочности г) эластичности</p>	в	1 мин
4.		<p>Введение небольшого количества низкомолекулярного агента – пластификатора – сопровождается существенным:</p> <p>а) понижением температуры стеклования полимера б) повышением температуры стеклования полимера</p>	а	1 мин

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		в) температура стеклования не изменяется		
		<i>Задание комбинированного типа</i>		
5.		<p>Величина статистического сегмента для поливинилхлорида (при экспериментально определенном квадрате среднеквадратичного расстояния между концами цепи <math>2500000 \text{ \AA}^2</math>, молекулярной массе <math>2500000</math> и длине мономерного звена <math>2,5 \text{ \AA}</math>), равна:</p> <p>а) <math>15 \text{ \AA}</math>  б) <math>25 \text{ \AA}</math>  в) <math>35 \text{ \AA}</math>  г) <math>45 \text{ \AA}</math></p>	<p>Величину статистического сегмента <math>A</math> можно определить из отношения среднеквадратичного расстояния между концами к ее контурной длине:</p> $A = \frac{\overline{h^2}}{L_k},$ <p>где <math>L_k - nl</math>; <math>n</math> – число звеньев в цепи; <math>l</math> – длина звена. Молекулярная масса звена поливинилхлорида – <math>62,5</math>, т.е. для образца молекулярной массой <math>2500000</math> число звеньев в цепи <math>n = 40\,000</math>. Соответственно, <math>A = 25 \text{ \AA}</math>.</p>	
6.	Задание открытого типа	Во сколько раз можно растянуть молекулу полиизобутилена молекулярной массой $274400$ ? Принять модель свободно сочлененной цепи.	в 70 раз	5 мин
7.		Какова степень свернутости молекулы полиизобутилена молекулярной массой $274400$ . Принять модель свободно сочлененной цепи.	$\alpha=70$	5 мин
8.		Сколько конфигурационных изомеров возможно для диады (двух соседних звеньев) полибутилметакрилата?	Диада полибутилметакрилата может быть построена по принципу «голова-хвост», «голова-голова» и «хвост-хвост». Кроме того, для каждого типа возможны изо- и синдиотактические конфигурационные изомеры. Таким образом, общее количество изомеров равно шести	7 мин
9.		В чем суть ограниченного набухания?	Если растворение полимера останавливается на стадии набухания, то	7 мин

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			говорят об ограниченном набухании. Сшитые или сетчатые полимеры могут только ограниченно набухать, образуя гомогенные эластичные структурированные системы, состоящие из полимера и низкомолекулярной жидкости и называемые студнями или гелями	
		<i>Задание комбинированного типа</i>		
10.		Характеристическая вязкость раствора полистирола в толуоле при введении метанола: а) увеличивается б) уменьшается в) сначала увеличивается, затем уменьшается г) остается неизменной	Толуол является «хорошим» растворителем для полистирола. При добавлении метанола, являющегося осадителем для полистирола, термодинамическое качество растворителя ухудшается, клубок сжимается, и характеристическая вязкость раствора уменьшается	7 мин

Полный комплект оценочных материалов по дисциплине (фонд оценочных средств) хранится в электронном виде на кафедре, утверждающей рабочую программу дисциплины (модуля).

#### **7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине**

Методические материалы составляют систему текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, закрепляют виды и формы текущего контроля, сроки проведения, а также виды промежуточной аттестации по дисциплине, её сроки и формы проведения. В системе контроля указана процедура оценивания результатов обучения по дисциплине при использовании балльно-рейтинговой системы, показывается механизм получения оценки, указывается система бонусов и штрафов, примерный набор дополнительных показателей.

**Таблица 10. Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине**

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
<b>Основной блок</b>				

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
1.	Отчет по л/р	7/6	42	По расписанию
2.	Тестирование	3/16	48	По расписанию
<b>Всего</b>			<b>90</b>	
<b>Дополнительный блок</b>				
3.	Зачет		<b>10</b>	
<b>Всего</b>			<b>10</b>	
<b>ИТОГО</b>			<b>100</b>	

**Таблица 11. Система штрафов (для одного занятия)**

Показатель	Балл
<i>Опоздание на занятие</i>	-1
<i>Нарушение учебной дисциплины</i>	-1
<i>Неготовность к занятию</i>	-2
<i>Пропуск занятия без уважительной причины</i>	-2

**Таблица 12. Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)**

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	Зачтено
60–64		
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено

При реализации дисциплины в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Основная литература**

1. Шишенок, М. В. Высокомолекулярные соединения : учеб. пособие / М. В. Шишенок - Минск : Выш. шк. , 2012. - 535 с. - ISBN 978-985-06-1666-1. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850616661.html> (ЭБС «Консультант студента»)
2. Штильман, М. И. Технология полимеров медико-биологического назначения. Полимеры природного происхождения : учебное пособие / Штильман М. И. и др. ; под ред. М. И. Штильмана. - 3-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 331 с. Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". (Учебник для высшей школы) - ISBN 978-5-00101-918-3. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001019183.html> (ЭБС «Консультант студента»)

## 8.2. Дополнительная литература

1. Максанова, Л. А. Высокомолекулярные соединения и материалы на их основе, применяемые в пищевой промышленности / Максанова Л. А. - Москва : КолосС, 2013. - 213 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высш. учеб. заведений) - ISBN 5-9532-0319-5. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5953203195.html> (ЭБС «Консультант студента»)
2. Королев, Г. В. Трехмерная радикальная полимеризация. Сетчатые и гиперразветвленные полимеры / Г. В. Королев, М. М. Могилевич. - 2-е изд., стереотип. - Санкт-петербург : ХИМИЗДАТ, 2017. - 344 с. - ISBN 978-5-93808-308-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938083080.html> (ЭБС «Консультант студента»)
3. Болтон, У. Конструкционные материалы : металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты : Карманный справочник / Болтон У. , - 3-е изд., стер., пер. с англ. - Москва : ДМК Пресс. - 319 с. (Серия "Карманный справочник") - ISBN 978-5-94120-238-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785941202386.html> (ЭБС «Консультант студента»)
4. Аскадский, А. А. Физико-химия полимерных материалов и методы их исследования : Учебное издание / Под общ. ред. А. А. Аскадского. - Москва : Издательство АСВ, 2015. - 408 с. - ISBN 978-5-4323-0072-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300720.html> (ЭБС «Консультант студента»)
5. Свиридов, Е. Б. Книга о полимерах : свойства и применение, история и сегодняшний день материалов на основе высокомолекулярных соединений / Е. Б. Свиридов, В. К. Дубовый - Архангельск : ИД САФУ, 2016. - 392 с. - ISBN 978-5-261-01096-8. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785261010968.html> (ЭБС «Консультант студента»)

## 8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины

Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех». <https://biblio.asu.edu.ru>

Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог в настоящее время содержит около 15000 наименований. [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru).

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает в себя лекционную аудиторию (столы – 14 шт., стулья – 31 шт., доска – 1 шт., проектор – 1 шт., экран проектора – 1 шт., плазменная панель – 1 шт., компьютер – 1шт.), лабораторию по проведению лабораторного практикума (лабораторные столы – 13 шт., стулья – 25 шт., доска – 1 шт., проектор – 1 шт., экран проектора – 1 шт., компьютер – 1 шт., штатив – 3 шт., вытяжной шкаф – 2 шт.). Лабораторный практикум обеспечен химическими реактивами, лабораторной посудой

и учебно-научным оборудованием: шкафы для химических реактивов и химической посуды, набор химических реактивов, набор химической посуды.

## **10. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Рабочая программа дисциплины при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья учитываются их индивидуальные психофизические особенности. Обучение инвалидов осуществляется также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление учебной информации в визуальной форме (краткий конспект лекций; тексты заданий, напечатанные увеличенным шрифтом), на аудиторных занятиях допускается присутствие ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменно отвечает на вопросы, письменно выполняет практические задания. Доклад (реферат) также может быть представлен в письменной форме, при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т. д.). Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки к ответу может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации, а также использование на аудиторных занятиях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т. д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Текущий контроль успеваемости осуществляется в устной форме. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, на аудиторных занятиях, а также при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации могут быть предоставлены необходимые технические средства (персональный компьютер, ноутбук или другой гаджет); допускается присутствие ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь (занять рабочее место, передвигаться по аудитории, прочитать задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).