

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

«24» января 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
фундаментальной и прикладной  
химии



Л.А. Джигола

«24» января 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ»**

Составитель(и)

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

Направление подготовки /  
специальность

**04.03.01 ХИМИЯ**

Направленность (профиль) ОПОП

Квалификация (степень)

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Год приёма

**2023**

Курс

**4**

Семестр(ы)

**7**

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Целями освоения дисциплины «Высокомолекулярные соединения»** являются сформировать у студентов представления 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:

- знания основных требований, предъявляемых к методам получения синтетических полимерных материалов с заданными свойствами, их переработка;
- 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 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 является логическим завершением процесса обучения, знакомя 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 (модулем):**

- коллоидная химия;
- биоорганическая химия;
- производственная практика (преддипломная).

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующей компетенции в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки: *профессиональной (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 и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ПК-3. Способен готовить объекты исследования (вещества синтетического и природного происхождения, материалы и пр.) и проводить их изучение по заданным методикам.	ПК-3.1.1 Способы контроля качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции ПК-3.1.2 Способы проведения паспортизации веществ и материалов	ПК-3.2.1 Готовить объекты исследования ПК-3.2.2 Проводить экспериментальные работы по готовым методикам ПК-3.2.3 Проводить расчетно-теоретические исследования по заданным методикам	ПК-3.3.1 Новые методиками контроля сырья, прекурсоров и готовой продукции ПК-3.3.2 Стандартными операциями при работе на высокотехнологичном химическом оборудовании

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачётные единицы, в том числе 56 часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из них 14 часов – лекции, 42 часа – лабораторные работы), и 52 часа – на самостоятельную работу обучающихся.

**Таблица 2 – Структура и содержание дисциплины**

Раздел, тема дисциплины	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
Тема 1. «Общие представления о полимерах»	7	2		6		7	Тестирование Отчет по л/р № 1
Тема 2. «Растворы полимеров»		2		6		7	Тестирование Отчет по л/р № 2
Тема 3. «Полиэлектролиты»		2		6		7	Тестирование Отчет по л/р № 3
Тема 4. «Структура и механические свойства полимеров»		2		6		7	Отчет по л/р № 4

Раздел, тема дисциплины	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
Тема 5. «Синтез полимеров»		2		6		7	Отчет по л/р № 5
Тема 6. «Химические превращения полимеров»		2		6		7	Отчет по л/р № 6
Тема 7. «Полимерные материалы»		2		6		10	Отчет по л/р № 7 Реферат
<b>Итого</b>		<b>14</b>		<b>42</b>		<b>52</b>	<b>Зачет</b>

*Примечание:* Л – лекция; ПЗ – практическое занятие, семинар; ЛР – лабораторная работа; КР – курсовая работа; СР – самостоятельная работа.

**Таблица 3 – Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины (модуля) 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. Соплимеризация.

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.

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

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

Преподаватель должен активно непосредственно участвовать в учебном процессе и проводить подготовку к нему. Необходимость постоянной подготовки к лекциям, семинарским и практическим занятиям обусловлена потребностью отражать современные подходы, взгляды, данные по темам и разделам. Проводя подготовку к учебному процессу необходимо изучать современные методические рекомендации, результаты научных исследований, новые технологии и т.д. При реализации различных видов учебной работы преподаватель должен использовать образовательные технологии: создание интерактивных презентаций, обучающие компьютерные программы, технологии развития мышления (эффективная лекция, таблицы, работа в группах и т.д.)

В ходе подготовки лекции преподаватель должен разрабатывать план лекции, в котором должен определить те основные материалы, которые слушатели должны понять и записать. Содержание лекции должно быть организованным и четким, что делает усвоение материала доступным. Содержание лекции должно отвечать следующим требованиям: изложение материала от простого к сложному; от известного к неизвестному; логичность, четкость и ясность в изложении материала; возможность проблемного изложения; дискуссии и диалога в конце лекции с целью активизации деятельности слушателей; опора смысловой части лекции на подлинные факты, события, явления, статистические данные; тесная связь теоретических положений и выводов с практикой и профессиональной деятельностью. В ходе лекционного занятия преподаватель должен четко озвучить тему, представить план,

кратко изложить цель, учебные вопросы. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Следует также раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. При изложении лекционного материала следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам, приводя примеры, раскрывать положительный отечественный и зарубежный опыт. По ходу изложения, возможно, задавать риторические вопросы и самому давать на них ответ. Преподаватель в целом не должен отвлекаться от излагаемого материала лекции. Преподаватель должен руководить работой слушателей по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы. Используемый во время лекции наглядный материал – слайды, таблицы, схемы, иллюстрации помогает вести конспекты и улучшает темп предложения материала лекций. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Для закрепления материала, подготовки к семинарским и практическим занятиям и выполнения самостоятельной работы необходимо рекомендовать литературу, основную и дополнительную, в том числе учебно-методические материалы, а также электронные источники (интернет-ресурсы).

Лабораторные занятия способствуют закреплению знаний полученных студентами в ходе обучения и самостоятельной работы, формированию компетенций, навыков в получении информации, приобретению умений провести ее обработку и анализ, овладению навыками планирования, анализа и управления. Общее требование при разработке тематики лабораторных таково - этот вид аудиторных занятий должен научить студента правильно оценить и предвидеть развитие ситуации, управлять ее формированием, владению методами анализа. На занятиях проводится отработка практических умений под контролем преподавателя. В конце каждого лабораторного занятия преподаватель планирует 6-7 минут для подведения итогов. Он обращает внимание на то, как освоен учебный материал по теме в целом, анализирует типичные ошибки и недоработки студентов, акцентирует их внимание на значимость темы.

## 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	Оформление отчета по лабораторной работе
<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	Оформление отчета по лабораторной работе
<b>Тема 3. «Полиэлектролиты»</b> Конформационные превращения макромолекул линейных	7	Оформление отчета по

полиэлектролитов в растворах. Особенности поведения полиамфолитов. Кооперативные реакции макромолекул полиэлектролитов.		лабораторной работе
<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	Оформление отчета по лабораторной работе
<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 псевдоживая радикальная полимеризация. Теломеризация. Синтез дендримеров и сверхразветвленных полимеров. «Зеленая химия» в синтезе полимеров. Полимеризация в сверхкритических средах. Синтез полимеров в ионных жидкостях.	7	Оформление отчета по лабораторной работе
<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	Оформление отчета по лабораторной работе
<b>Тема 7. «Полимерные материалы»</b> Функциональные полимерные материалы и полимеры специального назначения. Полимеры для нанотехнологии и индустрии наноматериалов.	10	Оформление отчета по лабораторной работе Подготовка реферата

#### **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**

#### ***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.

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

#### **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 СДИО 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 компетентного 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>
<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> <i>Имя пользователя: AstrGU</i> <i>Пароль: AstrGU</i>
Электронные версии периодических изданий, размещённые на сайте информационных ресурсов <a href="http://www.polpred.com">www.polpred.com</a>
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>
Электронный каталог «Научные журналы АГУ» <a href="https://journal.asu.edu.ru/">https://journal.asu.edu.ru/</a>
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>

## 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 (модулей) 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	Тест Отчет по л/р № 1
Тема 2. «Растворы полимеров»	ПК-3	Тест Отчет по л/р № 2
Тема 3. «Полиэлектролиты»	ПК-3	Тест 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

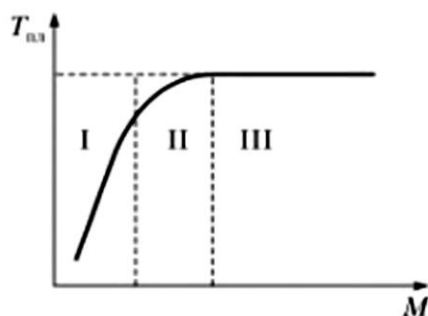
- 1) Первые упоминания о синтетических полимерах, аналогов которым в природе не существует, относятся к первой половине:
  - а) XV в
  - б) XVIII в
  - в) XVII в
  - г) XIX в
  
- 2) Установите соответствие между ученым и его вкладом в развитие химии высокомолекулярных соединений:
 

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, достаточным 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

11) Плотность полимеров лежит в пределах:

- а) 0,5 – 1,0 г/см<sup>3</sup>
- б) 1,0 – 1,5 г/см<sup>3</sup>
- в) 1,5 – 2,0 г/см<sup>3</sup>
- г) 2,0 – 2,5 г/см<sup>3</sup>

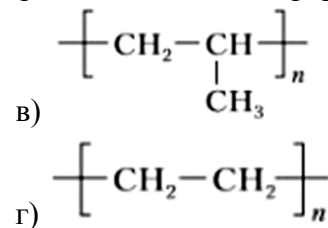
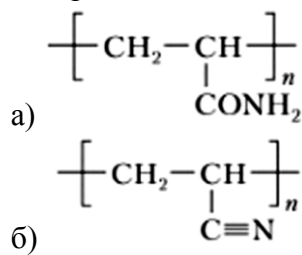
12) Углеродные волокна, пластики и композиты в отсутствии кислорода выдерживают температуры:

- а) 500 – 700 °С
- б) 1200 – 1500 °С
- в) 1500 – 1900 °С
- г) 2000 – 2500 °С

13) Установите соответствие между полимером и его происхождением:

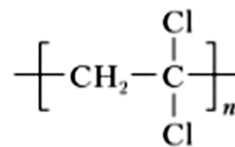
- |                  |                                 |
|------------------|---------------------------------|
| а) Природные     | 1) нитроцеллюлоза               |
| б) Искусственные | 2) крахмал                      |
| в) Синтетические | 3) полиэтилен                   |
|                  | 4) 1,4- <i>цис</i> -полиизопрен |
|                  | 5) целлюлоза                    |
|                  | 6) поливинилхлорид              |

14) Из приведенных ниже формул звену полиакриламида отвечает формула:

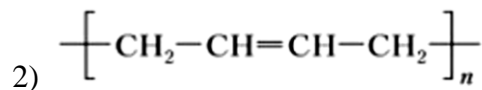


15) Установите соответствие между названием полимера и формулой его звена:

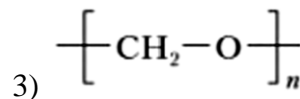
а) 1,4-Полибутадиен



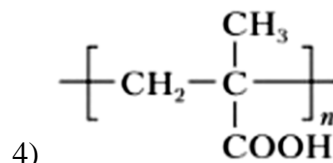
б) Полиметакриловая кислота



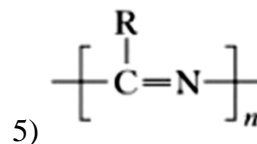
в) Полиформальдегид



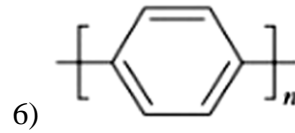
г) Полинитрилы



д) Поливинилхлорид



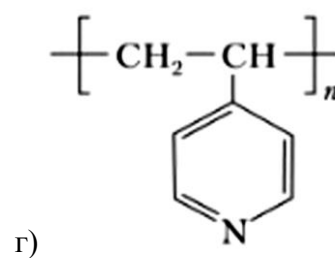
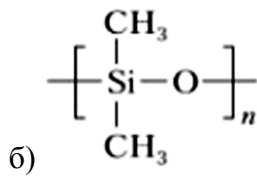
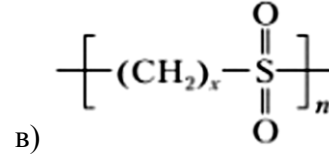
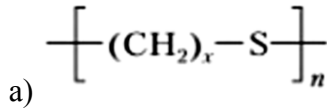
е) Поли-*пара*-фенилен



16) К элементоорганическим полимерам относят:

- а) Поли-*пара*-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



в) Разветвленный полимер



г) Гребнеобразный полимер



д) Сшитый полимер



5)

е) Звездообразный полимер

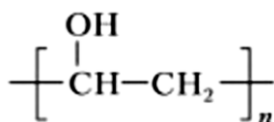


6)

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  $M_\eta$  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

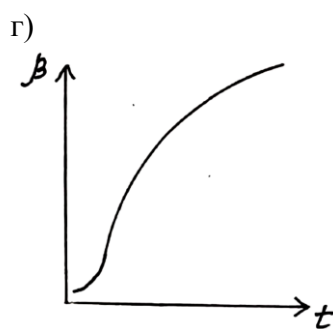
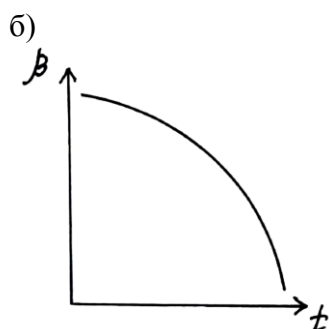
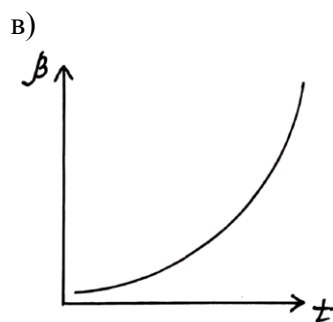
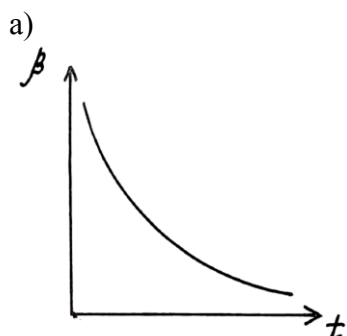
- 1) Каковы специфические свойства полимеров, которые существенным образом отличают их от низкомолекулярных веществ? Предложите, по крайней мере, три экспериментальных способа, с использованием которых можно отличить образец полимера от образца низкомолекулярного соединения.
- 2) Каковы критерии перехода 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 интегральным 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)  $\beta = \frac{m - m_0}{m_0}$
  - б)  $\beta = \frac{m_0}{m - m_0}$
  - в)  $\beta = \frac{m}{m_0}$
  - г)  $\beta = \frac{(m - m_0)^2}{m_0}$
  
- 6) Зависимость степени набухания  $\beta$  от времени  $t$  в случае полимера, ограниченно набухающего в растворе, изображена на графике:



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  $\phi^*$ ):

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

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

а)  $f = K + \Phi - 1$

б)  $f = K + \Phi + 1$

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:

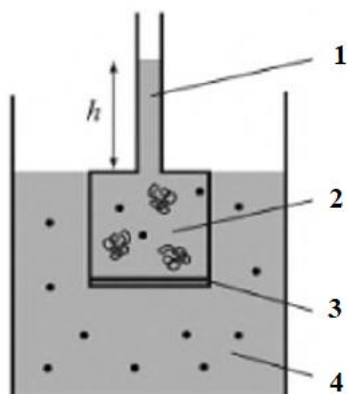


- а) область выше кривой соответствует однофазной системе  
 б) в точке  $A_2$ :  $f = 2 + 1 + 1 = 4$ , система имеет 4 степени свободы  
 в) точке  $A_1$  отвечает истинный раствор полимера в растворителе  
 г) область ниже кривой отвечает однофазной системе  
 д) в точке  $B$  система расслаивается на две фазы  
 е) соотношение объемов двух фаз обратно пропорционально отношению величин отрезков между точками  $B_1$ ,  $B$  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 = VKTR
- б) НКТР < VKTR
- в) НКТР > VKTR
- г) НКТР ≥ VKTR

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)  $\pi = \frac{CRT}{M_n}$

б)  $\pi = \frac{RT}{cM_n}$

в)  $\pi = \frac{M_n}{CRT}$

г)  $\pi = \frac{cM_n}{RT}$

- 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)  $\chi = \frac{RT}{\Delta E}$

б)  $\chi = \Delta E RT$

в)  $\chi = \Delta E - RT$

г)  $\chi = \frac{\Delta E}{RT}$

## 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.

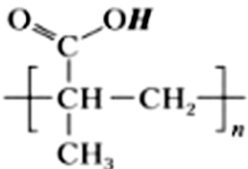
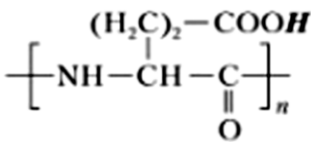
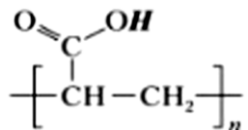
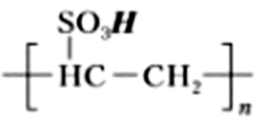
### Тема 3. «Полиэлектролиты»

#### Тестовые задания

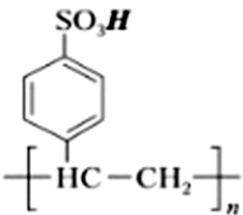
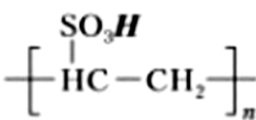
- 1) Установите соответствие между термином и его определением:

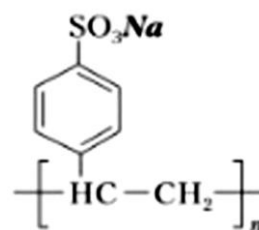
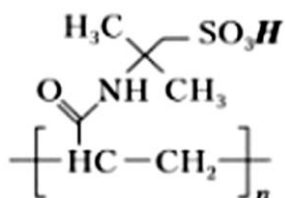
- |                  |  |
|------------------|--|
| а) Поликислоты   | 1) полиэлектролиты, которые могут как отщеплять, так и принимать $H^+$ в водном растворе                               |
| б) Полиоснования | 2) полиэлектролиты, которые диссоциируют с образованием отрицательно заряженного полианиона 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) |  |

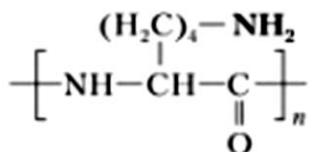
- 3) Из приведенных формул звену полистиролсульфоновой кислоты отвечает формула:

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

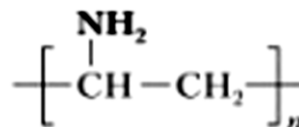


4) Из приведенных формул звену поли-4-винилпиридина отвечает формула:

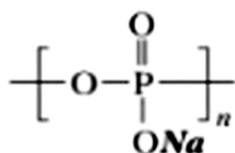
а)



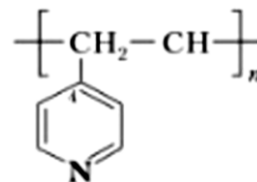
б)



в)

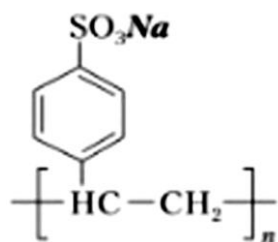


г)

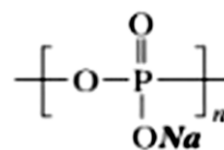


5) Из приведенных формул звену полистиролсульфонату натрия отвечает формула:

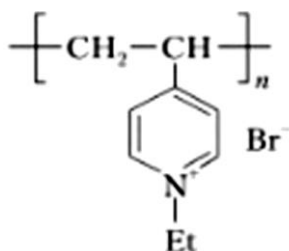
а)



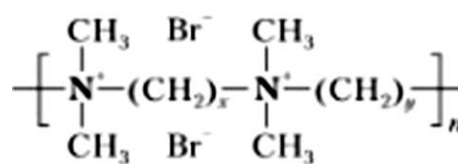
б)



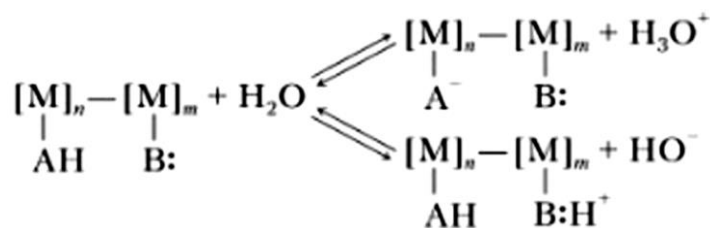
в)



г)



б) 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)  $r_D = \sqrt{\left(1 + \frac{\bar{z}_v}{v_s}\right)} \geq 1$

б)  $r_D = \sqrt{\left(1 + \frac{\bar{z}_v}{v_s}\right)} = 1$

в)  $r_D = \sqrt{\left(1 + \frac{\bar{z}_v}{v_s}\right)} < 1$

г)  $r_D = \sqrt{\left(1 + \frac{\bar{z}_v}{v_s}\right)} \leq 1$

9) Уравнение Гендерсона-Хасельбаха для полиэлектролита имеет вид:

а)  $pH = pK_0 + \Delta pK(\alpha) + \log \frac{\alpha}{1-\alpha}$

б)  $pH = pK_0 + \Delta pK(\alpha) - \log \frac{\alpha}{1-\alpha}$

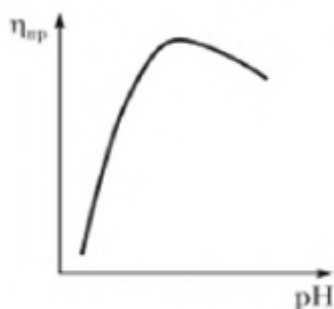
в)  $pH = pK_0 - \Delta pK(\alpha) + \log \frac{\alpha}{1-\alpha}$

г)  $pH = pK_0 - \Delta pK(\alpha) - \log \frac{\alpha}{1-\alpha}$

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 pH бессолевого водного раствора для



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

12) Ионную силу раствора вычисляют по формуле:

а)  $I = \frac{1}{2} \sum_i \nu_i Z_i^2$

б)  $I = \sum_i \nu_i Z_i^2$

в)  $I = \frac{\sum_i \nu_i Z_i^2}{3}$

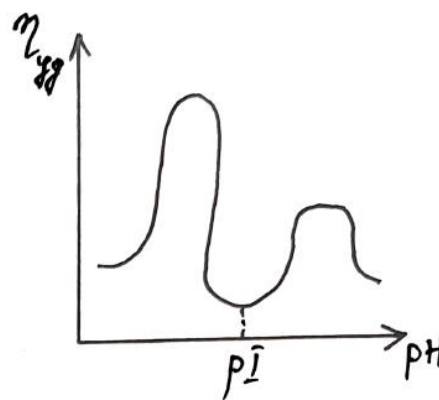
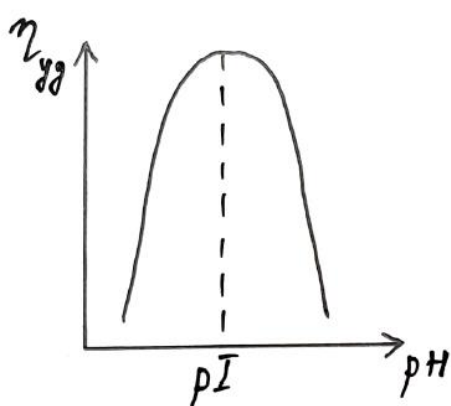
г)  $I = \frac{\sum_i \nu_i Z_i^3}{2}$

13) Изоэлектрическая точка нуклеиновых кислот лежит в области рН:

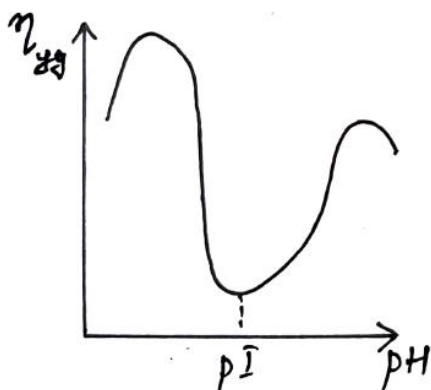
- а) 7 – 9
- б) 5 – 7
- в) 3 – 4
- г) 1 – 2

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

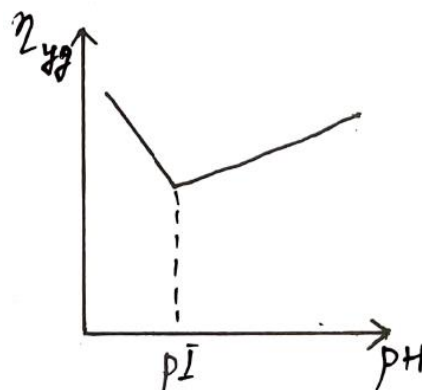
- а) в)



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 интерполиэлектrolитных 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  $\nu_m = 0,02$  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  $\nu_m = 0,05$  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  $t_0 =$  с

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

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.



\*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;  $l_{\text{ср.}}$  – средняя толщина пленки;  $D_1$  и  $D_2$  – усредненные значения оптической плотности при двух измерениях;  $D_{\text{привед.}}$  – приведенная оптическая плотность.

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

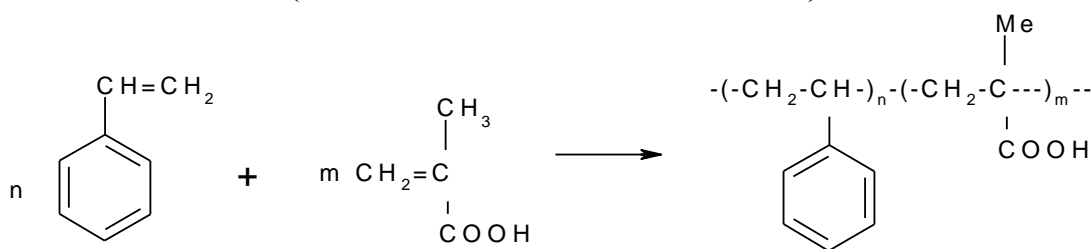
#### Вопросы для отчета по Лабораторной работе № 4

- 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

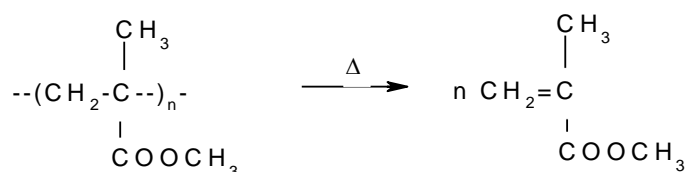
- 1) Каковы принципиальные различия между реакциями цепной полимеризации и ступенчатого синтеза? Приведите примеры полимеров, которые могут быть получены и цепной полимеризацией, и поликонденсацией.
- 2) Какие существуют основные типы реакций цепной полимеризации? Укажите достоинства и недостатки каждого 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.

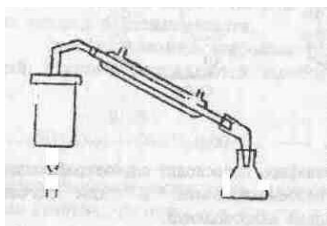


Рис. Прибор для проведения деполимеризации

**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: т. 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.

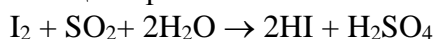
## Тема 7. «Полимерные материалы»

### Лабораторная работа № 7

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

Метод основан на взаимодействии воды, находящейся в испытуемом образце, с реактивом Фишера, представляющем 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 зачет

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>ПК-3. Способен готовить объекты исследования (вещества синтетического и природного происхождения, материалы и пр.) и проводить их изучение по заданным методикам</b>				
1.	Задание закрытого типа	Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа По происхождению различают полимеры: а) органические б) гомоцепные в) природные г) линейные	в	1 мин
2.		Прочитайте текст и установите последовательность Установите соответствие между формулой полимера и его названием а) $\left[ \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_n$ 1) полиакриламид б) $\left[ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$ 2) 1,4-полибутадиен в) $\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} \right]_n$ 3) полиэтилен г) $\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{CONH}_2}{\text{CH}} \right]_n$ 4) полиизобутилен	а-2 б-3 в-4 г-1	1 мин
3.		Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа Амилопектин является примером а) разветвленного полимера б) линейного полимера в) звездообразного полимера г) сшитого полимера	а	1 мин
4.		Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа Диизотактические полимеры получают на основе: а) 1,4-дизамещенных алкенов б) 2,4-дизамещенных алкенов в) 1,2-дизамещенных алкенов г) незамещенных алкенов	в	1 мин
<i>Задание комбинированного типа</i>				
5.		Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа Степень связывания противоионов частично нейтрализованной полиакриловой кислоты	Осмотическое давление бессолевого водного раствора полиэлектролита $\pi = RTv_w \alpha \Phi$ , где $\Phi$ – осмотический коэффициент, который характеризует долю	7 мин

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		(степень диссоциации $\alpha = 0,6$ ) в бессолевоом водном растворе концентрации $v_m = 0,02$ осново-моль/л, если осмотическое давление этого раствора при 27 °С составляет 0,1 атм. (газовая постоянная $R = 0,082$ л·атм/(моль·К), равна: а) 0,66 б) 0,33 в) 0,16 г) 0,26	несвязанных противоионов, дающих вклад в осмотическое давление раствора полиэлектролита. Рассчитаем долю свободных противоионов по уравнению $\Phi = \pi / (RTv_m\alpha)$ : $\Phi = 0,1 / (0,082 \cdot 300 \cdot 0,02 \cdot 0,6) = 0,34$ . Тогда степень связывания можно определить как $(1 - \Phi) = 0,66$	
6.	Задание открытого типа	<i>Прочитайте текст и запишите развернутый ответ</i> Полимер состоит из равных по весу фракций молекулярными массами 50000 и 200000. Каковы средние молекулярные массы этого полимера, если их определяли методами светорассеяния и осмометрии?	По методу светорассеяния $M_w$ 125000. По методу осмометрии $M_w$ .	6 мин
7.		<i>Прочитайте текст и запишите развернутый ответ</i> В чем суть метода фракционного осаждения и какими способами можно вызвать осаждение фракций полимера?	Метод фракционного осаждения состоит в последовательном осаждении из раствора полимера ряда фракций, молекулярные массы которых монотонно убывают. Вызвать осаждение фракций полимера можно различными способами: 1) добавлением осадителя к раствору полимера при постоянной температуре; 2) испарением растворителя, если полимер был предварительно растворен в смеси «растворитель-осадитель»; 3) изменением температуры раствора, которое приводит к ухудшению термодинамического качества растворителя и фазовому разделению	8 мин
8.		<i>Прочитайте текст и запишите развернутый ответ</i> Как изменяется рН водного раствора полиакриловой кислоты (ПАК) при добавлении к нему водного раствора поли-N-этил-4-винилпиридиний бромид?	При смешении разбавленных растворов полиакриловой кислоты и N-этил-4-винилпиридиний бромид происходит кооперативное взаимодействие с образованием интерполиэлектролитного комплекса, при котором в раствор вытесняется сильная низкомолекулярная кислота НВг, что приводит к уменьшению рН.	5 мин
9.		<i>Прочитайте текст и запишите</i>	Если ИИТ полиамфолита	6 мин

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		<i>развернутый ответ</i> Изоионная точка (ИИТ) полиамфолита равна 4,0. Каково соотношение между изоионной и изоэлектрической (ИЭТ) точками этого полиамфолита?	находится в кислой области (рН = 4,0), то из уравнения электронейтральности следует, что макроионы в изоионном растворе несут избыточный отрицательный заряд. Для нейтрализации этого заряда раствор необходимо подкислить. Таким образом, ИЭТ < ИИТ.	
		<i>Задание комбинированного типа</i>		
10.		<i>Прочитайте текст, выберите один правильный вариант ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа</i> Сшитые образцы натурального каучука с разной степенью сшивки при набухании в одном и том же растворителе характеризуются следующими равновесными значениями степени набухания: 20, 40, 60 и 100. У какого из исходных образцов в ненабухшем состоянии модуль упругости наибольший? а) 100 б) 60 в) 40 г) 20	Чем меньше степень набухания, тем выше плотность сшивки и меньше молекулярная масса отрезка цепи между сшивками. Модуль упругости сшитого каучука растет пропорционально степени сшивки. Таким образом, чем меньше степень набухания, тем больше модуль упругости. То есть наибольшее значение модуля упругости в ненабухшем состоянии имеет образец со степенью набухания 20.	6 мин

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

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

Текущий и внутрисеместровый контроль, промежуточная аттестация учебных достижений студентов проводится путем балльно-рейтинговой системы. Общая оценка учебных достижений студента в семестре по учебному курсу определяется как сумма баллов, полученных студентом по различным формам текущего и промежуточного контроля в течение данного семестра. Успешность изучения дисциплины в течение семестра оценивается, исходя из 100 максимально возможных баллов (90 баллов на текущие формы контроля и до 10 баллов отводится на бонусы), которые накапливаются студентом в течение всего семестра изучения дисциплины.

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

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
<b>Основной блок</b>				
1.	Выполнение тестовых заданий	3 / 10	30	по расписанию

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
2.	Отчет по лабораторной работе	7 / 6	42	по расписанию
3.	Реферат	1/18	18	по расписанию
<b>Всего</b>			<b>90</b>	
<b>Блок бонусов</b>				
4.	Посещение занятий	-	2	
5.	Своевременная сдача отчетов по лабораторным работам	-	4	
6.	Активность на занятии	-	4	
<b>Всего</b>			<b>10</b>	
<b>ИТОГО</b>			<b>100</b>	

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

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

**Таблица 12 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине**

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	
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 (МОДУЛЯ)**

### **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. 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»)
2. 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»)
3. 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»)
4. 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»)
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 (модуля)

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 (МОДУЛЯ)

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает в себя лекционную аудиторию, лабораторию по проведению лабораторного практикума.

Лабораторный практикум обеспечен химическими реактивами, лабораторной посудой и учебно-научным оборудованием: шкафы для химических реактивов и химической посуды, набор химических реактивов, набор химической посуды.

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. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).