

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФГБОУ ВО «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

УТВЕРЖДАЮ  
Председатель приемной комиссии,  
ректор ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

\_\_\_\_\_ Попов В. Н.  
«31» марта 2022 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

по научной специальности основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**1.4.7 Высокомолекулярные соединения**

Воронеж 2022

Программа предназначена для подготовки к сдаче вступительного экзамена в аспирантуру по научной специальности 1.4.7 Высокомолекулярные соединения. Она составлена в предположении, что экзаменуемый должен иметь достаточно широкое представление по общим вопросам химии высокомолекулярных соединений, о наиболее широко применяемых методах синтеза высокомолекулярных соединений.

Будущему кандидату наук следует знать современное состояние и тенденции развития химии высокомолекулярных соединений, состояние и организацию информационно-поисковой базы, иметь представление об основных центрах и сообществах в сфере высокомолекулярных соединений.

**Перечень разделов базовых дисциплин, выносимых на вступительное испытание:**

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

### **1.1 Основные понятия в химии мономеров и полимеров.**

Макромолекула и элементарное звено. Мономеры, полимеры и олигомеры. Степень полимеризации, молекулярная масса, полимолекулярность, разноразветвленность. Основные отличия свойств полимеров от низкомолекулярных веществ. Элементы, способные к образованию полимерных цепей.

### **1.2 Классификация и номенклатура полимеров.**

Классификация полимеров по происхождению: природные, искусственные, синтетические; методам синтеза: полимеризационные, поликонденсационные; поведению при нагревании: термопластичные (термопласты), терморезистивные (реактопласты); по строению и составу макромолекул: неорганические, органические, элементоорганические; по применению: эластомеры, волокна, пластмассы (пластики).

Номенклатура полимеров. Рациональная номенклатура. Номенклатура ИЮПАК. Номенклатура сополимеров (систематическая номенклатура): неустановленный тип сополимера, статистические сополимеры, случайные сополимеры, чередующиеся сополимеры, периодические сополимеры, блок-сополимеры.

### **1.3 Особенности свойств мономеров и полимеров.**

Молекулярная масса. Полидисперсность. Среднечисловая молекулярная масса. Среднемассовая молекулярная масса. Средневязкостная молекулярная масса. Высокая асимметрия. Гибкость. Разноразветвленность. Конфигурационная регулярность. Сильные межмолекулярные взаимодействия. Сложность надмолекулярных структур.

Особенности макросвойств полимеров. Отсутствие газообразного состояния. Замедленная кинетика и размытость фазовых переходов. Большие

времена релаксационных процессов. Наличие высокоэластического состояния. Наличие специфического ориентированного состояния.

#### **1.4 Методы определения размеров макромолекул (молекулярной массы).**

Виды усреднения молекулярных масс. Среднемассовая, среднечисловая и средневязкостная молекулярная масса.

Определение среднечисловой ММ по концевым группам. Химические методы анализа. Определение карбоксильных групп и кислотного числа. Определение содержания гидроксильных групп. Определение содержания аминогрупп. Физические методы анализа концевых групп. Определение среднечисловой ММ измерением осмотического давления. Измерение среднечисловой ММ методами эбулиоскопии и криоскопии. Методы измерения среднемассовой молекулярной массы: нефелометрия, ультрацентрифугирование.

Вискозиметрический метод определения ММ. Характеристическая вязкость. Фракционирование полимеров.

#### **1.5 Получение синтетических полимеров.**

Классификация методов синтеза высокомолекулярных соединений. Полимеризация непредельных соединений и циклов. Мономеры для полимеризации. Термодинамика полимеризации. Верхняя предельная температура полимеризации.

##### **1.5.1 Радикальная полимеризация.**

Влияние строения мономера на способность к полимеризации. Производные этилена (1,1- и 1,2-дизамещенные, три- и тетразамещенные). Стерические эффекты. Полярность мономера и поляризуемость двойной связи. Полимеризация ацетиленов, диеновых и карбонильных соединений.

Реакционная способность свободных радикалов. Пять типов радикальных реакций. Рекомбинация, фрагментация, присоединение, диспропорционирование и передача радикалов. Особенности этих реакций. Соотношение скоростей рекомбинации и диспропорционирования. Влияние природы радикала и заместителей в мономере на скорость и место присоединения радикалов. Относительная реакционная способность различных радикалов в реакции присоединения к этилену. Активность и стабильность радикалов. Преимущественный рост цепи по типу «голова к хвосту».

Механизм радикальной полимеризации. Элементарные стадии реакции полимеризации. Инициирование радикальной полимеризации: термическое, фотохимическое, радиационное и химическое. Типы инициаторов: перекиси и гидроперекиси, азо- и diaзосоединения. Недостатки инициаторов этого типа. Энергия активации стадии инициирования. Полимеризация в окислительно-восстановительных системах.

Стадия роста цепи. Активность свободных радикалов, образующихся в ходе роста макромолекулярной цепи. Зависимость реакционной способности

растущих макрорадикалов от условий реакции. Энергия активации стадии роста цепи.

Стадия обрыва цепи. Рекомбинация, диспропорционирование и передача цепи на мономер, растворитель и полимер.

Теломеризация. Различия в активностях растворителей и растущих полимерных радикалов. Замедлители радикальной полимеризации, регуляторы молекулярной массы.

Вывод кинетического уравнения радикальной полимеризации. Стационарное состояние по растущим радикалам. Зависимость суммарной скорости полимеризации и молекулярной массы полимера от концентрации мономера, инициатора. Влияние различных факторов на процесс радикальной полимеризации, роль давления в реакции полимеризации.

Способы проведения полимеризации: полимеризация в массе, растворителях, эмульсионная и суспензионная полимеризация. Полимеризация в твердой фазе.

### **1.5.2 Ионная (каталитическая) полимеризация.**

Виды ионной полимеризации: катионная, анионная, ионно-координационная.

Катионная полимеризация. Катализаторы катионной полимеризации, их активность, роль сокатализатора. Мономеры, склонные к полимеризации по катионному механизму. Реакционная способность мономеров в катионной полимеризации. Элементарные стадии катионной полимеризации. Роль противоиона при каталитической полимеризации. Вывод кинетического уравнения катионной полимеризации.

Анионная полимеризация. Мономеры, склонные к полимеризации по анионному механизму, катализаторы анионной полимеризации. «Живые» полимеры. Вывод кинетического уравнения.

Ионно-координационная полимеризация. Изотактические, синдиотактические, атактические полимеры. Полимеризация на катализаторах Циглера-Натта и оксидных катализаторах. Влияние природы и соотношения компонентов катализатора на структуру образующегося полимера. Механизм ионно-координационной полимеризации.

Сополимеризация. Задачи, решаемые путем сополимеризации нескольких мономеров. Устранение недостатков одного или нескольких гомополимеров и придание сополимеру достоинств гомополимеров. Примеры сополимеризации. Вывод уравнения состава сополимера. Допущения, применяемые при выводе уравнения. Различия в активности мономеров. Понятие о константах сополимеризации, их физический смысл. Зависимость дифференциального состава сополимера от констант сополимеризации и концентрации мономеров.

Анализ уравнения состава. Влияние способы инициирования на константы сополимеризации. Предельный случаи сополимеризации. Идеальная сополимеризация, Чередующаяся, азеотропная и

блоксополимеризация. Экспериментальное определение констант сополимеризации. Методы Майо-Льюиса и Файнемана-Росса.

Схема Альфрея-Прайса (Q-e). Выражения для констант радикальной сополимеризации через активность и полярность участников реакции. Анализ значений Q и e для различных мономеров.

### **1.6 Поликонденсация.**

Определение и общие схемы поликонденсации. Примеры поликонденсационных процессов. Равновесная и неравновесная поликонденсация. Основные отличия поликонденсации от полимеризации.

Мономеры для поликонденсации. Понятие о функциональности и способности к побочным процессам. Функциональная группа и реакционный центр. Примеры реакций поликонденсации мономеров с различной функциональностью. Типы поликонденсационных полимеров.

Побочные реакции функциональных групп. Циклизация, дегидратация и деаминирование, изменение функциональных групп.

Равновесная поликонденсация. Стадии равновесной поликонденсации. Начало роста цепи, рост и прекращение роста цепи, причины остановки роста молекулярной массы. Кинетика равновесной поликонденсации. Вывод кинетического уравнения равновесной полиэтерификации, катализируемой сильной кислотой. Автокаталитическая поликонденсация. Понятие о степени завершенности процесса, интегральная форма кинетического уравнения. Анализ экспериментальных данных, причины отклонения экспериментальных кинетических данных от расчетных. Молекулярная масса полимера, получаемая в ходе равновесной поликонденсации. Уравнение Карозерса.

Влияние различных факторов на равновесную поликонденсацию (температура, катализатор, соотношение мономеров). Способы проведения поликонденсации. Поликонденсация в массе, в растворе, в дисперсиях, в твердой фазе. Особенности проведения неравновесной поликонденсации. Межфазная поликонденсация. Трехмерная поликонденсация. Реакции получения новолачных и резольных феноло-формальдегидных олигомеров. Мочевино-формальдегидные и меламино-формальдегидные смолы.

### **1.7 Химические реакции полимеров.**

Классификация химических реакций полимеров. Полимераналогичные превращения, деструкция и структурирование.

#### **1.7.1 Полимераналогичные превращения.**

Общая схема полимераналогичных превращений. Основные отличия между химическими реакциями полимеров и низкомолекулярными превращениями. Причины неполного превращения – стерические затруднения и наличие изолированных групп. Примеры реакций полимераналогичных превращений. Реакции элиминирования.

Реакционная способность полимеров. Причины отличия реакционной способности полимеров и низкомолекулярных соединений. Сущность полимер-эффекта.

Применение полимераналогичных превращений. Технологическая целесообразность проведения химических реакций. Эфиры целлюлозы, поливиниловый спирт, полиацетали.

### **1.7.2 Старение и стабилизация полимеров.**

Введение. Сущность и проявление процессов старения полимеров. Проблемы ингибирования процессов старения и утилизации полимеров. Методы изучения старения и стабилизации полимеров. Ускоренные технологические испытания. Время сохранения удовлетворительных свойств. Исследования механизмов старения. Спектроскопия, методы термического анализа, хроматография.

Деструкция полимеров. Виды деструкции полимеров: чисто термическая, фотодеструкция, окислительная механическая, радиационная, химическая. Сочетание видов деструкции. Термическая деструкция – деполимеризация и реакции заместителей.

Реакции радикальной деполимеризации. Деполимеризация полиметилметакрилата. Причины количественного выхода мономера. Полистирол. Химизм и последствия термодеструкции. Внутримолекулярный перенос. Полиэтилен. Состав летучих продуктов. Причины преимущественного выделения алкенов. Общий механизм радикальной деполимеризации. Стадии процесса.

Нерадикальные реакции деполимеризации. Полиэтилтерефталат.

Реакции с участием заместителей. Поливинилацетат. Причины автоускорения элиминирования уксусной кислоты. Дегидрохлорирование поливинилхлорида. Цепной радикальный механизм процесса, его стадии. Причины автокаталитического действия хлористого водорода. Молекулярный механизм.

Фотодеструкция. Особенности поглощения света полимерами. Хромофорные группы. Фотодеструкция полиолефинов. Причины поглощения света полиолефинами. Превращения типа I и II по Норришу. Фотодеструкция полиакрилатов и полиметакрилатов. Фотодеструкция полистирола. Реакции, приводящие к выделению водорода и появлению окраски.

Окислительная деструкция. Общие признаки окислительной деструкции. Индукционный период окисления, влияние ингибиторов и источников свободных радикалов. Цепной характер процесса. Стадии окислительной деструкции – инициирование, рост и обрыв кинетической цепи.

Инициирование. Роль гидроперекисей. Термолиз и фотолиз гидроперекисей, приводящие к возникновению свободных

радикалов. Передача радикала на полимер. Роль ионов переходных металлов в катализе разложения гидроперекисей.

Рост кинетической цепи при окислении полимеров. Последовательные реакции, лимитирующие стадии. Обрыв цепи путем рекомбинации различных радикалов.

Влияние структуры полимера на окислительную деструкцию. Особенности окисления полиэтилена. Влияние заместителей на стабилизацию переходного состояния реакции радикала с полимером. Ряд устойчивости полимеров по отношению к окислению.

Стабилизация полимеров. Стабилизаторы и антиоксиданты. Классификация антиоксидантов. Антиоксиданты, обрывающие цепную реакцию. Доноры и акцепторы, их механизм действия. Реакции доноров с пероксидными радикалами. Производные дифениламина, затрудненные фенолы.

Акцепторы, обрывающие цепь. «Стабильные» радикалы, их механизм действия. Возможность стабилизации по двум механизмам – донорному и акцепторному.

Стабилизаторы, разлагающие гидроперекиси до нерадикальных продуктов. Пероксидолитические антиоксиданты стехиометрического действия. Фосфиты. Пероксидолитические антиоксиданты каталитического действия. Серусодержащие катализаторы.

Дезактиваторы металлов переменной валентности. Хелатообразующие основания Шиффа.

Экраны и фильтры для защиты от ультрафиолетового облучения. Производные бензофенона и бензотриазола. Механизм диссипации энергии светового излучения, роль внутримолекулярной водородной связи.

Стабилизаторы ПВХ. Синергетические смеси карбоксилатов металлов. Роль сильного и слабого электрофилов.

### **1.7.3 Структурирование полимеров.**

Роль реакций структурирования в технологии полимеров. Формование реактопластов, вулканизация каучуков, отверждение эпоксидных смол. Структурирование под действием реагентов и физических факторов. Взаимодействие функциональных групп разных полимеров. Причины низкого выхода продуктов реакции. Особенности реакций полиэлектролитов.

Сшивание за счет функциональных групп одного полимера. Реакции силоксанов с активными группами. Сшивание полимеров реакцией с низкомолекулярными соединениями. Реакции карбоксилсодержащих полимеров с низкомолекулярными веществами. Отверждение эпоксидных смол аминами и ангидридами кислот.

## **2. ФИЗИКОХИМИЯ ПОЛИМЕРОВ**

### **2.1 Введение.**

Особенности свойств полимеров в сравнении со свойствами низкомолекулярных веществ. Молекулярные и макросвойства полимеров.

## **2.2 Молекулярная структура полимеров.**

Понятие о конфигурации макромолекул. Факторы, определяющие конфигурацию: порядок присоединения элементарных звеньев, геометрическая и оптическая изомерии.

Понятие об ассиметрическом атоме углерода. Атактические и стереорегулярные полимеры - изотактические и синдиотактические. Регулярные полимеры, полученные из дизамещенных этилена – ряда эритрозы и ряда треозы.

Понятие о микротаكتичности. Структура диад, триад и тетрад. Экспериментальные методы оценки микротаكتичности. Спектроскопия ЯМР. Анализ спектров I и S диад. Теоретические оценки микротаكتичности на основе методов статистической физики.

Гибкость макромолекул. Понятие о внутреннем угле вращения вокруг химических связей. Потенциальный барьер вращения. Потенциальные кривые для этана и фрагмента макромолекулы полиэтилена. Понятия о транс- и гаус- конформациях, различия в их энергетических состояниях. Конформационные превращения.

Модели строения полимерных цепей. Свободносочлененная цепь, цепь с фиксированными валентными углами и свободным вращением.

Два понятия гибкости цепи. Термодинамическая гибкость, количественная мера термодинамической гибкости. Кинетическая гибкость макромолекул. Потенциальный барьер вращения как мера кинетической гибкости.

Факторы, влияющие на кинетическую гибкость. Химическое строение полимеров. Влияние полярных и объемных заместителей, роль второго заместителя в элементарном звене. Гибкость гетероцепных и трехмерных полимеров.

Конформации и размеры молекул. Понятие о внутреннем угле вращения. Среднеквадратичное расстояние между концами макромолекул. Термодинамическая вероятность цепи. Формула Гаусса для свободносочлененной цепи. Особенности вероятности цепи реальной макромолекулы. Понятие о сегменте Куна. Гауссово распределение. Наиболее вероятные статистические клубки. Связь величины  $(h^2)^{1/2}$  с размером сегмента. Оценка степени свернутости макромолекулы. Теоретическая оценка размеров макромолекул для цепи со свободным вращением и реальной макромолекулы. Понятие о среднем угле заторможенного вращения. Двойственная природа полимеров, связанная с цепным и сегментальным характером макромолекул. Сравнение размеров сегментов Куна для разных полимеров.

## **2.3 Агрегатные, фазовые и физические состояния полимеров**

Особенности твердых и жидких, кристаллических и аморфных полимеров. Фазовые переходы I и II рода. Релаксационные переходы.



Стеклование как релаксационный переход. Наличие в составе полимеров структурных элементов трех типов и возможность реализации физических (релаксационных) состояний – стеклообразного, высокоэластического и вязкотекучего. Принципиальные отличия между ними.

## **2.4 Надмолекулярная структура полимеров.**

### **2.4.1 Надмолекулярная структура кристаллических полимеров.**

Понятие о надмолекулярной структуре. Кристаллические полимеры. Причины неполной кристаллизации. Степень кристалличности. Понятие о морфологии кристаллических полимеров. Кристаллографические ячейки. Пример орторомбической ячейки полиэтилена.

Монокристаллы. Понятие о трансляции и полимерных монокристаллах. Причины их дефектности. Пластинчатые (ламеллярные) монокристаллы, особенности их формы и размеры. Большой период. Особенности поверхности монокристаллов. Влияние условий кристаллизации на свойства монокристаллов. Участие ламеллярных монокристаллов в сложных морфологических формах полимеров. Фибриллярные и глобулярные монокристаллы.

Поликристаллические морфологические образования. Сферолиты. Кольцевые и радиальные сферолиты. Эдриты и овоиды. Сравнительный анализ размеров надмолекулярных кристаллических образований.

### **2.4.2 Надмолекулярная структура аморфных полимеров.**

Понятие о ближнем порядке в расположении структурных элементов. Функции радиального распределения межатомных расстояний кристаллических и аморфных полимеров. Пачечная модель строения аморфных полимеров. Причины высокой скорости кристаллизации и «структурной памяти» аморфных полимеров. Доменная модель строения. Роль доменов в процессе кристаллизации. Кластерная модель. Отличия между доменом и кластером.

### **2.4.3 Надмолекулярная структура полимеров в ориентированном состоянии.**

Анизотропия формы макромолекул как причина ориентированного состояния. Проблемы прочности полимерных материалов. Структура микрофибрилл ориентированного полимера. Кристаллические и аморфные области. Большой период. Модели строения ориентированного полимера по Гессу-Херлу и Хоземанну-Бонарту. Строение аморфных областей фибриллы, петли и проходные цепи. Конформационный набор цепей аморфных областей. Разнодлинность отрезков цепей и проблемы прочности ориентированных полимеров.

## **2.5 Стеклообразное состояние полимеров.**

Структура полимерного стекла как неравновесной переохлажденной жидкости. «Замороженный беспорядок» по Флори. Деформация полимерных стекол. Времена релаксации. Понятие о структурном и механическом стекловании.

Механизм процесса стеклования. Образование молекулярной сетки и повышение жесткости макромолекул при понижении температуры. Химическое строение полимера и температура стеклования. Влияние свойств и расположения заместителей на температуру стеклования.

Релаксационный характер стеклования. Понятие о релаксационных процессах. Закон Больцмана. Выражение для времени релаксации. Способы определения времен релаксации.

Методы определения температуры стеклования. Термомеханический метод исследования полимеров. Термомеханические кривые аморфных полимеров. Влияние молекулярной массы на температуру стеклования и температуру текучести. Понятие о механическом (кинетическом) сегменте. Термомеханические кривые кристаллических и сетчатых полимеров. Динамический термомеханический метод. Понятие о тангенсе угла механических потерь.

## **2.6 Особенности плавления и кристаллизации полимеров.**

Причины температурного гистерезиса. Два типа неравновесных состояний. Способность полимеров к кристаллизации. Влияние регулярности и гибкости цепи и плотности упаковки на склонность полимеров к кристаллизации.

Механизм и кинетика кристаллизации. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Влияние температуры на скорости образования, роста зародышей и общую скорость кристаллизации. Уравнение Авраами.

Термодинамика плавления и кристаллизации полимеров. Энтальпия и энтропия процесса и влияние на них энергии межмолекулярных взаимодействий и внутренней подвижности молекул.

## **2.7 Механические свойства полимеров.**

### **2.7.1 Прочность и долговечность полимеров.**

Предел прочности и долговечность. Статическая и динамическая усталость. Максимальная относительная деформация при разрушении.

Теория Гриффита. Дефекты структуры и перенапряжения в них. Атермический процесс разрушения при низких температурах. Недостатки теории Гриффита. Молекулярная теория прочности. Временная зависимость прочности. Уравнение Журкова, его анализ. Роль теплового движения атомов в разрушении полимеров.

Механизм разрушения полимеров. Термофлуктуационная теория прочности. Анализ потенциальных кривых нагруженных и ненагруженных полимеров. Экспериментальные подтверждения термофлуктуационной теории. Особенности разрушения полимеров в различных физических состояниях.

Влияние структуры полимеров на их прочность. Влияние степени кристалличности, ориентации, размеров надмолекулярных структур, частоты сшивок, наполнения. Понятие об активных и неактивных наполнителях.

### **2.7.2 Деформационные свойства.**

Деформационные свойства аморфных полимеров. Понятие о вынужденной эластичности. Деформация с образованием «шейки». Деформационные кривые, их анализ. Предел вынужденной эластичности, его определение из деформационных кривых. Влияние температуры на предел вынужденной эластичности и хрупкую прочность, определение температуры хрупкости. Влияние межмолекулярных взаимодействий, плотности упаковки и молекулярной массы на температуру хрупкости.

Деформационные свойства кристаллических полимеров. Деформационные кривые при различных температурах. Анализ изменений структуры полимеров при образовании «шейки» аморфных и кристаллических полимеров.

### **2.8 Высокоэластическое состояние полимеров.**

Анализ подвижности структурных элементов высокомолекулярных соединений в высокоэластическом состоянии. Условия реализации высокоэластического состояния. Деформационная кривая высокоэластического полимера. Модуль упругости. Кинетическая природа высокоэластичности.

Термодинамика высокоэластической деформации. Анализ уравнения Гельмгольца. Упругие силы двух видов, понятие об идеальном кристалле и идеальном каучуке. Отличия реальных эластомеров от идеального каучука.

Релаксационный характер высокоэластичности. Релаксация деформаций и релаксация напряжений. Влияние времен релаксации и деформации на развитие деформации. Эквивалентное влияние времени и температуры на высокоэластическую деформацию. Принцип температурно-временной суперпозиции. Уравнение Вильямса-Лендела-Ферри. Фактор приведения.

Ползучесть полимерных материалов. Анализ временной зависимости деформации и определение вкладов упругой, высокоэластичной и пластической деформации. Связь высокоэластичности со строением полимера.

### **2.9 Вязкотекучее состояние полимеров.**

Механизм физического течения. Реологические свойства полимеров в вязкотекучем состоянии. Напряжение и деформация сдвига. Уравнение Ньютона. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Понятия об установившемся течении и флуктуационной сетке. Два способа перехода к установившемуся течению.

Вязкость расплава полимеров. Кривые течения расплавов. Зоны ньютоновского течения и структурная ветвь. Наибольшая и наименьшая ньютоновские вязкости. Тиксотропия. Влияние температуры на наибольшую ньютоновскую вязкость. Роль межмолекулярных взаимодействий и свободного объема. Активационные параметры течения полимеров. Влияние молекулярной массы на вязкость. Критическая молекулярная масса. Уравнение Марка-Куна-Хаувинка. Влияние молекулярно-массового

распределения на течение. Причина неньютоновского поведения полидисперсных полимеров. Высокоэластичность расплавов полимеров.

### **2.10 Растворы полимеров.**

Истинные растворы, коллоидные системы, студни (гели). Особенности истинных растворов высокомолекулярных соединений. Ограниченное и неограниченное набухание. Внутри- и межструктурное набухание. Степень набухания. Влияние различных факторов на растворимость полимеров: природы полимера и растворителя, молекулярной массы, гибкости цепи, плотности упаковки, фазового состояния, наличия сетки, температуры.

Фазовые равновесия системы полимер-растворитель. Правило фаз Гиббса применительно к истинным растворам полимеров. Температура фазового разделения. Диаграммы фазового состояния. Влияние молекулярной массы на фазовые диаграммы. Студни (гели) полимеров.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Основная**

1. Кулезнев, В.Н. Химия и физика полимеров [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Н. Кулезнев, В.А. Шершнева. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2014. – 368 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/51931>. – Загл. с экрана.

2. Кленин, В.И. Высокомолекулярные соединения [Электронный ресурс] : учебник / В.И. Кленин, И.В. Федусенко. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 512 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5842>. – Загл. с экрана.

3. Беспалова, Г. Н. Химия и физика полимеров : учебное пособие / Г. Н. Беспалова, Г. В. Осипова. – Иваново : ИГХТУ, [б. г.]. – Часть 1 – 2010. – 132 с. – ISBN 978-5-9616-0388-3. – Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/4519>.

Электронные библиотечные системы ВГУИТ: <https://vsuet.ru/library/docs/resurces/biblioclub>

Подборка учебных пособий в Университетской библиотеке ONLINE (возможен вход через сайт ВГУИТ: [https://biblioclub.ru/index.php?page=search\\_red](https://biblioclub.ru/index.php?page=search_red)

### **Дополнительная:**

1. Высокомолекулярные соединения / [М.С. Аржаков и др.] ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова ; под ред. А.Б. Зезина. – Москва : Юрайт, 2018. – 339 с.

2. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения: в 2 ч. / В.В. Киреев. – Москва : Юрайт, 2016. Ч. 1. – 365 с.

3. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения: в 2 ч. / В.В. Киреев. – Москва : Юрайт, 2016. Ч. 2. – 243 с.

4. Кленин В.И. Высокомолекулярные соединения / В.И. Кленин, И.В. Федусенко. – Изд. 2-е, испр. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2013 .– 508 с.
5. Семчиков Ю. Д. Высокомолекулярные соединения / Ю. Д. Семчиков. – М. : Academia, 2008.– 366с.
6. Тагер А. А. Физикохимия полимеров/ А. А. Тагер. – М.: Химия, 2007. – 544с.
7. Аскадский А.А. Введение в физико-химию полимеров / А.А. Аскадский, А.Р. Хохлов .– М. : Научный мир, 2009 .– 380 с.
8. Платэ Н.А. Макромолекулярные реакции в расплавах и смесях полимеров. Теория и эксперимент / Н.А. Платэ, А.Д. Литманович, Я.В. Кудрявцев ; Рос. акад. наук, Ин-т нефтехим. синтеза им. А.В. Топчиева .– М. : Наука, 2008 .– 379 с.
9. Кулезнев В.Н. Химия и физика полимеров / В.Н. Кулезнев, В.А. Шершнев – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2014 .– 367 с.
10. Химия и технология синтетического каучука : учеб. пособие. / Л.А. Аверко – Антонович и др - М. : КолосС, 2008. – 357 с.
11. Зуев В.В. Физика и химия полимеров: учебное пособие / В.В. Зуев, М.В. Успенская, А.О. Олехнович / СПбГУ ИТМО, 2010. – 45 с.
12. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения.– М.: Высшая школа, 1992. - 512 с.
13. Кочнев А.М., Заикин А.Е., Галибеев С.С., Архиреев В.П. Физикохимия полимеров. Казань: Фэн, 2003. - 512 с

Можно воспользоваться электронной библиотекой открытого доступа МГУ: <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/analyt/welcome.html>

ВГУ: <https://lib.vsu.ru/zgate>

# ПРИМЕРНЫЙ ОБРАЗЕЦ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Минобрнауки России  
Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный университет инженерных технологий»

## Экзаменационный билет № 1

1. Общая характеристика элементарных реакций радикальной полимеризации. Квазистационарное состояние.
2. Анионная полимеризация по механизму «живых цепей». Синтез блок-сополимеров (термоэластопластов).
3. Рассчитать молекулярную массу и степень полимеризации поливинилового спирта, если для его растворов в воде при 25 °С получены следующие значения удельной вязкости:

$C, \text{ г/100 см}^3$	0,15	0,20	0,25	0,30
$\eta_{\text{уд}}$	0,23	0,32	0,42	0,58