

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Факультет исторических и политических наук



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по Од

Е.В. Луков

« 30 » сентября 2022г.

**ПРОГРАММА**

**кандидатского экзамена по научной специальности**

*1.4.7. «Высокомолекулярные соединения»*

Томск – 2022

Программа кандидатского экзамена по научной специальности **1.4.7.**  
**«Высокомолекулярные соединения»** рассмотрена и рекомендована к утверждению  
ученым советом химического факультета  
протокол №1 от 15 сентября 2022 г.

**Авторы-разработчики:**

1. Алтунина Л.К., доктор технических наук, профессор, профессор
2. Восмери́ков А.В., доктор химических наук, профессор, профессор
3. Березина Е.М., кандидат химических наук, доцент, доцент

...

Согласовано:

Руководитель ОП



Восмери́ков А.В.

## 1. Общие положения

На основании постановления Правительства Российской Федерации от 23.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» кандидатские экзамены сдаются в соответствии с научной специальностью (научными специальностями) и отраслью науки, предусмотренными номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утверждаемой Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (далее – Минобрнауки России), по которым осуществляется подготовка (подготовлена) диссертации.

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации на соискание ученой степени кандидата наук представляет собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени к проведению научных исследований по научной специальности 1.4.7. «Высокомолекулярные соединения» и по соответствующей отрасли науки (далее – кандидатский экзамен).

Программа кандидатского экзамена разработана на основе Паспорта научной специальности 1.4.7. «Высокомолекулярные соединения» (далее – Программа), утвержденного ВАК при Минобрнауки России <https://drive.google.com/drive/folders/IRNYkXhvAzaEF85GqxOH8HhbenJIoUMR7>.

Организация и проведение приема кандидатского экзамена осуществляется в соответствии с установленным в НИ ТГУ порядком.

Подготовка по Программе может осуществляться как самостоятельно, так и в рамках освоения соответствующей программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре НИ ТГУ. Сдача аспирантом кандидатского экзамена является обязательным условием обучения и относится к оценке результатов освоения базовой дисциплины (модуля) образовательного компонента программы, осуществляемой в рамках промежуточной аттестации.

## 2. Структура кандидатского экзамена и шкала оценивания уровня знаний

Кандидатский экзамен проводится в форме устного экзамена по билетам продолжительностью один академический час и состоит из следующих частей:

1. Основные вопросы (не более трёх вопросов по содержанию курса «Высокомолекулярные соединения»).
2. Дополнительные вопросы (не более трёх вопросов из 2-го раздела содержания Программы).

Оценка уровня знаний по каждому вопросу осуществляется по пятибалльной шкале со следующим принципом перерасчета:

«отлично» – 5 баллов;

«хорошо» – 4 балла;

«удовлетворительно» – 3 балла;  
«неудовлетворительно» – 1-2 балла.

При оценивании ответов на каждый из вопросов экзаменационного билета учитываются следующие критерии:

Ответ на вопрос исчерпывающий, продемонстрировано понимание и знание сути вопроса в полном объеме. Замечаний нет.	5 баллов
Ответ на вопрос неполный, но раскрывающий основную суть вопроса, продемонстрировано понимание и знание вопроса в достаточном объеме. Замечания незначительные.	4 балла
Ответ неполный с существенными замечаниями, знания по вопросу фрагментарные и частичные, в том числе и по тематике диссертационного исследования.	3 балла
Ответ на вопрос отсутствует или дан неправильный	1-2 балла

Итоговая оценка за кандидатский экзамен выставляется решением экзаменационной комиссии:

«отлично» – при наличии не менее 80% 5-балльных ответов и отсутствии 3-2-1-балльных ответов;

«хорошо» – при наличии не менее 80% 4-балльных ответов и отсутствии 2-1-балльных ответов;

«удовлетворительно» – при наличии более 20% 3-балльных ответов и отсутствии 2-1-балльных ответов;

«неудовлетворительно» – при наличии 1-2 балльного ответа (или отказа отвечать на вопрос).

### **3. Перечень тем и вопросов для подготовки к сдаче экзамена**

**Раздел 1. Основные вопросы** (по содержанию курса «Высокомолекулярные соединения».

#### **Тема 1. Химия полимеров и полимерных композиционных материалов**

##### **1. Введение**

1.1. Высокомолекулярные соединения как наука, объектами исследований которой являются макромолекулы синтетического и природного происхождения, состоящие из многократно повторяющихся структурных единиц, соединенных химическими связями и содержащие в главной цепи атомы углерода, а также кислорода, азота и серы.

1.2. Классификация и номенклатура мономеров, олигомеров и полимеров. Особенности их химического строения. Синтетические органические, элементоорганические, неорганические и природные полимеры.

Полидисперсность, молекулярная масса, степень полимеризации, молекулярно-массовое и молекулярно-численное распределение олигомеров и полимеров. Стереохимия полимеров.

## **2. Реакции получения олигомеров и высокомолекулярных соединений.**

2.1. Полимеризация и сополимеризация: радикальная, катионная, анионная и ионно-координационная, особенности указанных полимеризационных процессов. Полимеризация в растворе, в массе, в суспензии, в эмульсии, в твердой фазе. Термодинамика полимеризационных процессов.

2.2. Радикальная полимеризация и ее механизм. Строение мономеров и способность их к полимеризации, методы инициирования. Кинетика радикальной полимеризации и уравнение скорости полимеризации. Влияние различных факторов на молекулярную массу и молекулярно-массовое распределение полимера. Понятие о длине кинетической цепи.

Ингибиторы и регуляторы радикальной полимеризации. Обратимое ингибирование. Радикальная полимеризация при глубоких степенях превращения. Гель-эффект. Способы проведения радикальной полимеризации: в массе, растворе, твердой фазе, в суспензиях.

2.3. Эмульсионная полимеризация и ее особенности. Кинетика и механизмы эмульсионной полимеризации.

2.4. Сополимеризация, ее механизм и основные закономерности. Уравнение состава сополимера. Константы сополимеризации и их физический смысл. Связь строения мономеров с их реакционной способностью. Влияние среды, давления и температуры. Схема Q-e Алфрея и Прайса. Статистические, привитые и блок-сополимеры.

2.5. Ионная, катионная и анионная, полимеризация. Реакционная способность мономеров в ионных реакциях. Катализаторы и сокатализаторы. Механизмы процесса. Образование активного центра, рост и обрыв цепи. Скорости элементарных реакций. Скорость процессов катионной и анионной полимеризации, влияние среды и температуры на кинетику и полидисперсность образующихся полимеров. Примеры образования "живых" полимерных цепей.

Сополимеризация, катионная и анионная.

2.6. Ионно-координационная полимеризация и ее особенности. Катализаторы Циглера-Натта. Ионно-координационная полимеризация на литиевых катализаторах.

Металлоценовый катализ, механизм и кинетика реакций.

Стереорегулярные полимеры и условия их получения. Механизм стереоспецифической полимеризации.

2.7. Полиприсоединение. Механизм образования полиуретанов, поликарбамидов и эпоксидных полимеров.

2.8. Поликонденсация: равновесная и неравновесная. Типы химических реакций поликонденсации. Функциональность мономеров, олигомеров и ее значение. Реакционная способность функциональных групп.

Равновесная поликонденсация и ее механизм. Кинетика равновесной поликонденсации. Зависимость молекулярной массы полимера от соотношения исходных мономеров; правило неэквивалентности функциональных групп. Способы проведения равновесной поликонденсации.

Неравновесная поликонденсация. Типы неравновесных реакций. Способы проведения неравновесной поликонденсации. Закономерности неравновесной поликонденсации. Межфазная поликонденсация. Механизм реакции и ее основные закономерности. Неравновесная поликонденсация в растворе.

Совместная поликонденсация и ее характерные особенности в случае равновесной и неравновесной поликонденсации.

Трехмерная поликонденсация и ее закономерности. Влияние функциональности исходных соединений. Разнозвенность полимеров, получаемых методами поликонденсации.

### **3. Синтез мономеров и полисопряженных полимеров на их основе**

Химическое строение, молекулярная и надмолекулярная структура типичных полисопряженных полимеров: полиацетилена, полидиацетиленов, полианилинов, полифениленвиниленов, политиофенов и др., понятие об их электронной структуре. Связь между методами их синтеза и строением. Химическая и электрохимическая модификация полисопряженных полимеров.

### **4. Основные признаки разветвленных полимеров и методы синтеза**

Конфигурация (на уровнях звена, цепи, присоединения звеньев, присоединения блоков) и конформация сшитых полимеров. Факторы, определяющие конформационные переходы. Структурная модификация и надмолекулярная структура. Сверхразветвленные полимеры и дендримеры, их синтез и особенности строения.

### **5. Сшитые полимеры.**

Типы сшитых полимеров. Формирование трехмерных структур в процессе синтеза и химических превращений в макромолекулах. Сшитые жесткоцепные и эластичные полимеры. Статистические методы описания процессов образования сшитых полимеров. Параметры сеток. Основные зависимости между структурными характеристиками пространственно сшитых полимеров. Образование пространственных структур в эластомерах и их динамика. Виды сшивающих агентов и особенности строения сеток. Влияние типа поперечных связей на механические свойства сшитых эластомеров.

## **6.Смеси полимеров**

Истинные и коллоидные растворы смесей полимеров, механизм смешения и типы фазовых структур в смесях полимеров. Смеси полимеров как матрицы для получения полимерных композиционных материалов (ПКМ), специфика синтеза ПКМ с их применением. Многокомпонентные смеси полимеров.

## **7.Природные полимеры и их разновидности**

Методы выделения из природного сырья и идентификации, методы модификации. Целлюлоза, хитин, хитозан и их производные. Применение природных полимеров.

## **8.Химическая модификация полимеров.**

Основные закономерности модификации полимеров. Реакционная способность функциональных групп макромолекул и низкомолекулярных соединений. Эффекты цепи и соседней группы, конфигурационные и конформационные эффекты. Реакции замещения в полимерной цепи. Влияние условий на кинетические закономерности и строение образующихся полимеров. Композиционная неоднородность. Реакции структурирования полимеров и их особенности. Изменение свойств полимеров в результате структурирования. Межмолекулярные реакции и образование трехмерных сеток. Реакции присоединения, отщепления и изомеризации.

## **9.Классификация полимерных композиционных материалов и полимерных нанокомпозитов**

Виды материалов: полимер-полимерные смеси, ПКМ, армированные непрерывными, короткими волокнами и пластинчатыми наполнителями, дисперснонаполненные ПКМ, пенополимеры, многокомпонентные ПКМ.

Волокнообразующие полимеры и волоконные полимерные композиты, методы получения и структура.

Тип, форма и основные свойства армирующих наполнителей: непрерывные стеклянные, углеродные, борные, органические и др. Волокна, нити, жгуты, ровинги, ленты и ткани; короткие волокна, маты из них; наполнители плоскостной структуры. Физико-химия поверхности наполнителей.

Типы и свойства матриц (термопластичные и терморезистивные полимеры, полимер-полимерные смеси).

Методы получения полимерных композиционных материалов.

## **10.Межфазные явления на границах раздела полимер-полимер, полимер-твердое тело**

Адгезия. Влияние формы, химического и физического состояния поверхности на свойства ПКМ. Аппреты. Методы химической и физической модификации компонентов ПКМ.

## **11.Нанокompозиты**

Типы ингредиентов, материалы и методы, применяемые для получения нанокompозитов. Особенности их получения и основные свойства нанокompозитов.

## **12.Основы технология полимеров и полимерных композиционных материалов**

Методы получения наполнителей, их фракционирование и обработка, способы совмещения функциональных ингредиентов и полимерных матриц. Технология переработки полимеров и ПКМ в полупродукты и изделия.

Традиционные и новые области применения олигомеров, полимеров, ПКМ и нанокompозитов при решении научных и технических задач.

## **13.Деструкция полимеров и композиционных материалов**

Основные виды деструкции: химическая, термическая, термоокислительная, фото- и механическая. Старение полимеров. Стабилизация высокомолекулярных соединений. Кинетика механодеструкции полимеров. Предел механодеструкции и причины его существования. Понятие о стойкости полимеров и композиционных материалов к внешним воздействиям.

## **14.Горючесть полимеров и ПКМ**

Основные процессы, протекающие при горении в конденсированной и газовой фазах. Методы снижения и повышения горючести.

## **15.Вторичная переработка полимеров и ПКМ, основные тенденции и современное состояние**

Экологические проблемы вторичной переработки полимеров и ПКМ.

## **Тема 2. Физика полимеров и полимерных композиционных материалов**

### **1. Конформационная статистика полимерных цепей.**

Конфигурация и конформация макромолекул. Основные модели полимерных цепей: свободносочлененная цепь, цепь с фиксированными углами. Характеристики размеров и формы полимерных цепей. Внутреннее вращение и поворотная изомерия. Полимеры с хиральными центрами. Конформация макромолекул и конформационная энергия. Стереорегулярность и микроструктура цепных молекул.

Гибкость полимерных цепей и ее характеристики. Термодинамическая и кинетическая гибкость макромолекул. Ближние и дальние взаимодействия. Размеры и формы реальных цепных молекул и их экспериментальное определение. Понятие о статистическом сегменте.



## **2. Высокомолекулярные соединения в растворе.**

Характер взаимодействия в растворах полимеров. Термодинамика растворов полимеров. Теория Флори-Хаггинса.  $\square$ -температура. Объемные эффекты. Концентрированные растворы полимеров. Фазовые диаграммы полимер-растворитель. Гидродинамические свойства макромолекул в растворе. Диффузия макромолекул в растворе. Методы фракционирования полимеров. Растворы полиэлектролитов. Полимеры как матрицы для твердых электролитов. Иономеры.

## **3. Физические и фазовые состояния полимеров: стеклообразное, высокоэластическое и вязкотекучее.**

Аморфные и кристаллические полимеры. Фазовые переходы, механизм кристаллизации и плавления кристаллов. Влияние структуры и внешних воздействий на фазовые переходы.

## **4. Структура и свойства полимерных стекол.**

Современные представления об аморфном состоянии и структуре стеклообразных полимеров. Стеклование полимеров и методы его определения. Теории стеклования. Явление вынужденной эластичности. Природа больших деформаций и деформаций в области криогенных температур.

## **5. Высокоэластическое состояние.**

Основные свойства высокоэластического состояния полимеров. Статистическая теория деформации макромолекул. Сеточная теория высокоэластичности. Основное уравнение кинетической теории высокоэластичности. Термодинамика деформации эластомеров. Термоупругая инверсия. Тепловые эффекты при деформации. Кристаллизация эластомеров при деформации.

## **6. Вязкотекучее состояние и основы реологии полимеров.**

Закономерности течения расплавов полимеров, кривые течения, закон течения, механизм течения. Энергия и энтропия вязкого течения, их зависимость от параметров молекулярной структуры и от напряжения сдвига. Зависимость теплоты активации от температуры. Ньютоновская вязкость, методы определения и зависимость от молекулярной структуры и молекулярной массы полимера, температуры. Уравнение Вильямса-Ландела-Ферри. Прочностные характеристики расплавов.

## **7. Структура и свойства кристаллических полимеров.**

Условия образования кристаллического состояния в полимерах. Основные типы кристаллических структур макромолекул. Упаковка цепных молекул в кристаллах. Морфология кристаллических полимеров. Ламеллярные кристаллы. Сферолиты. Кристаллы с выпрямленными цепями. Степень кристалличности и

методы ее определения. Дефекты полимерных кристаллов и их природа. Полимерные монокристаллы. Кристаллизация и плавление полимеров, методы исследования. Кристаллизация из разбавленных растворов и расплавов. Зародышеобразование и рост. Кинетическая теория кристаллизации. Первичная и вторичная кристаллизация. Частичное плавление и рекристаллизация. Отжиг полимеров. Особенности кристаллизации полимеров в полимерных композитах.

#### **8. Жидкокристаллическое состояние полимеров.**

Ближний и дальний порядок. Типы симметрии. Мезоморфные состояния. Области применения жидкокристаллических полимеров.

#### **9. Ориентированное состояние полимеров.**

Особенности ориентированного состояния полимеров. Строение и свойства ориентированных полимеров. Структурные модели. Основные методы ориентации полимеров и методы оценки.

#### **10. Моделирование молекулярной и надмолекулярной структур**

Моделирование молекулярной и надмолекулярной структур олигомеров, полимеров и сополимеров в растворах, расплавах и полимерных твердых телах в аморфном, полукристаллическом кристаллическом состояниях. Моделирование процессов, протекающих на стадии образования макромолекул. Модельные представления о смесях полимеров и полимеров с введенными в их состав функциональными ингредиентами.

#### **11. Релаксационные явления в полимерах.**

Релаксационный характер процессов деформации. Гистерезисные процессы. Ползучесть и релаксация напряжения. Принцип суперпозиции. Спектр времен релаксации и запаздывания. Динамические свойства полимеров: комплексный модуль и комплексная податливость. Соотношение между комплексным и релаксационным модулями. Линейная вязкоупругость. Принцип температурно-временной эквивалентности.

#### **12. Физико-механические свойства полимеров.**

Деформационные свойства. Напряжение, деформация и упругость. Обобщенная форма закона Гука, измерение модулей упругости. Идеальное пластическое тело, процесс развития пластических деформаций. Влияние гидростатического давления, температуры и скорости деформации на предел текучести.

Межатомное взаимодействие в полимерах. Динамика и энергетика растяжения отдельной межатомной связи и цепной макромолекулы. Понятие о теоретической прочности полимеров. Основные теории прочности: Орована, Гриффитса, термофлуктуационная, релаксационная.

Долговечность. Кинетическая теория разрушения. Особенности разрушения твердых полимеров и эластомеров. Механизм пластического и хрупкого разрушения. Образование микротрещин. Распространение трещин. Статическая и динамическая усталость.

### **13. Электрические, оптические и магнитные свойства полимеров и ПКМ.**

Линейные и нелинейные эффекты в полимерах и полимерных композитах. Сенсоры на основе полимеров и ПКМ.

13.1. Электрические свойства полимеров-диэлектриков и полимеров-проводников. Диэлектрическая поляризация и дипольные моменты полимеров. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери, электрическая прочность полимеров и ПКМ. Электризация полимеров и электрический пробой.

13.2. Допирование полисопряженных полимеров: синтетические металлы и методы их получения. Электрические и оптические свойства полисопряженных полимеров.

Перспективы использования полисопряженных полимеров для создания полимерной электроники, включающей высокопроводящие, полевые, электролюминесцентные, нелинейно-оптические элементы и устройства

13.3. Магнетосопротивление полимеров и ПКМ. ПКМ с высокими и низкими значениями комплексной диэлектрической и магнитной проницаемостей, связь между составом и структурой, методы определения.

13.4 Оптические свойства полимеров. Коэффициент светопропускания, спектральный коэффициент пропускания, светостойкость, светорассеяние, показатель преломления и оптический коэффициент напряжения и оптическая нетермостойкость. Факторы, определяющие уровень этих показателей. Старение оптических полимеров.

### **14. Теплофизические свойства полимеров и ПКМ.**

Плотность полимеров. Особенности теплового расширения полимеров. Теплоемкость. Теплопроводность и температуропроводность полимеров и ПКМ. Модели транспортных процессов. Влияние основных параметров полимеров и других ингредиентов ПКМ на их теплофизические свойства.

### **15. Трение и износ полимеров.**

Особенности трения полимеров. Природа и механизм трения. Закон трения, влияние времени контакта, скорости скольжения и температуры. Износ полимеров. Связь явлений трения и износа. Усталостный износ, абразивный износ, общие закономерности, влияние внешних факторов.

## **16. Проницаемость полимеров.**

Газопроницаемость полимеров. Диффузия в полимерах. Сорбция газов и паров. Ионный обмен. Селективная проницаемость полимерных материалов, методы определения.

## **17. Термодинамика совместимости полимеров.**

17.1. Фазовая структура и морфология. Микромеханика смесей полимеров. Деформация и разрушение твердых тел на основе полимерных смесей.

17.2. Межфазные явления на границах раздела полимер-полимер, полимер-твердое тело. Адгезия. Термодинамика взаимодействия компонент в полимерных смесях и ПКМ. Структура и свойства межфазных слоев.

## **18. Физические свойства ПКМ.**

18.1. Прочность, вязкость разрушения, усталостная выносливость. Упругие и вязкоупругие свойства ПКМ. Модели, описывающие зависимость модуля упругости ПКМ от характеристик компонентов.

18.2. Тепловое расширение, тепло- и электропроводность ПКМ. Особенности зависимостей физических свойств ПКМ от типа наполнителя и распределения наполнителей в композиционном материале.

18.3. Наноккомпозиты. Наполнители с нанометровым размерным размером частиц. Структура и свойства наноккомпозитов. Наноккомпозиты с новыми оптическими, электронными, магнитными, электрическими и др. функциями с применением углеродных нанотрубок, фуллеренов, металлов и оксидов металлов.

18.4. Понятие о применении полимеров и ПКМ в функциональных и интеллектуальных (smart) структурах. Полимерные материалы, применяемые для их получения: связь между их компоновкой, внешними воздействиями и откликом. Сенситивные и адаптивные структуры и полимерные материалы для них. Термо- и фотохромные, химотронные, тензочувствительные и др. Материалы для интеллектуальных структур.

## **Тема 3. Методы исследования полимеров и полимерных композиционных материалов**

### **1. Особенности применения физических методов для изучения структуры и свойств олигомеров, полимеров, полимерных материалов и полимерных композитов.**

Методы обработки экспериментальных данных: и определение достоверности полученных результатов: доверительный интервал, относительная и абсолютная погрешности измерений.

## **2. Экспериментальные методы исследования структуры макромолекул в растворе.**

Вискозиметрия, светорассеяние, седиментация, двойное лучепреломление).

## **3. Спектроскопия полимеров.**

Специфика методов и задачи, решаемые с их применением. ИК, МНПВО, КР. Флуоресцентный анализ полимеров. Электронный и ядерный парамагнитный резонансы. Сущность методов, аппаратура, области применения. Метод спиновой метки. ЯМР высокого и низкого разрешения.

## **4. Теплофизические методы.**

Дифференциальный термический анализ. Калориметрические методы. Дилатометрия.

## **5. Масс-спектрометрия.**

Сущность метода, аппаратура, области применения. Время-пролетная масс-спектрометрия.

## **6. Рентгеноструктурный анализ полимеров.**

Изучение размеров и ориентации упорядоченных областей кристаллических полимеров. Большие периоды в полимерах. Специфика исследования смесей полимеров и ПКМ.

## **7. Оптическая и электронная микроскопия.**

## **8. Физико-механические методы. Термомеханический метод.**

## **9. Неразрушающие методы исследования ПКМ.**

## **10. Динамические методы. Диэлектрическая и механическая спектроскопия.**

## **11. Электрофизические методы исследования свойств полимеров и ПКМ.**

## **12. Туннельная микроскопия.**

## **13. Полярография и другие электрохимические методы.**

## **14. Транспортные методы для исследования полимеров. Обращенная и гель-проникающая хроматография.**

## 15. Особенности методов исследования нанокompозитов и их ингредиентов.

### Рекомендуемая литература

#### Основная литература к Теме 1

1. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. М.: Издательский центр «Академия». 2003.
2. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения. М.: Высш. шк. 1992.
3. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. М.: Высшая школа. 1981.
4. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. М.: Научный мир. 2007.
5. Виноградова С.В., Васнев В.А., Поликонденсационные процессы и полимеры. М.: Наука. 2000.
6. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия. 2000.
7. Тугов И.И., Кострыкина Г.И. Химия и физика полимеров. М.: Химия. 1989.
8. Федтке М. Химические реакции полимеров, М.: Химия. 1989.
9. Платэ Н.А., Васильев А.Е. Физиологически активные полимеры. М.: Химия. 1986.
10. Платэ Н.А. Макромолекулярные реакции. М.: Химия, 1977.
11. Хохлов А.Р., Кучанов С.И. Лекции по физической химии полимеров. М.: Мир. 2000.
12. Кулезнев В.Н., Шершнева В.А. Химия и физика полимеров. М.: Высшая школа. 1988.
13. Иванчев С.С. Радикальная полимеризация. Л. Химия. 1985.
14. Практикум по химии и физике полимеров, под ред. Куренкова В.Ф. М.: Химия. 1995

#### Дополнительная литература к Теме 1

1. Нильсен Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций. М.: Химия. 1978.
2. Промышленные полимерные композиционные материалы, под ред. Ричардсона М. М.: Химия. 1980.
3. Справочник по композиционным материалам, под ред. Любина Дж., М.: Машиностроение. 1–2 кн. 1988.
4. Вольфсон С.А., Берлин А.А., Ошмян В.Г., Ениколопов Н.С. Принципы создания композиционных полимерных материалов. М.: Химия. 1990.
10. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения. М.: Высшая школа. 1992.
11. Тугов И.И., Кострыкина Г.И. Химия и физика полимеров. М.: Химия. 1989.

12. Моравец Г. Макромолекулы в растворе. М.: Мир. 1987.
13. Кауш Г. Разрушение полимеров. М.: Мир. 1981.
14. Энциклопедия полимеров. М.: Сов. Энциклопедия. 1–3 тт. 1972-1978.
15. Бартенев Г.Н., Бартенева А.Г. Релаксационные свойства полимеров. М.: Химия. 1992.

### **Основная литература к Теме 2**

1. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. М.: Научный мир. 2007.
2. Гуль В.Е., Кулезнев В.Н. Структура и механические свойства полимеров. М.: Высшая школа. 1979.
3. Бартенев Г.М. Прочность и разрушение полимеров. М.: Химия. 1984.
4. Вундерлих Б. Физика макромолекул. М.: Мир. 1978.
5. Уорд И. Механические свойства твердых полимеров. М.: Химия. 1974.
6. Годовский Ю.К. Теплофизика полимеров. М.: Химия. 1983.
7. Виноградов Г.В., Малкин А.Я. Реология полимеров. М.: Химия. 1977.
8. Нильсен Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций. М.: Химия. 1978.
9. Кулезнев В.Н. Смеси полимеров. М.: Химия. 1980.
10. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения. М.: Высшая школа. 1992.
11. Моравец Г. Макромолекулы в растворе. М.: Мир. 1987.
12. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. М.: Издательский центр «Академия». 2003.
13. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения. М.: Высш. шк. 1992.

### **Дополнительная литература к Теме 2**

1. Тугов И.И., Кострыкина Г.И. Химия и физика полимеров. М.: Химия. 1989.
2. Кауш Г. Разрушение полимеров. М.: Мир. 1981.
3. Вольфсон С.А., Берлин А.А., Ошмян В.Г., Ениколопов Н.С. Принципы создания композиционных полимерных материалов. М.: Химия. 1990.
4. Энциклопедия полимеров. М.: Сов. Энциклопедия. 1–3 тт. 1972-1978.
5. Бартенев Г.Н., Бартенева А.Г. Релаксационные свойства полимеров. М.: Химия. 1992.

### **Основная литература к Теме 3**

1. Гуль В.Е., Кулезнев В.Н. Структура и механические свойства полимеров. М.: Высшая школа. 1979.
2. Годовский Ю.К. Теплофизика полимеров. М.: Химия. 1983.
3. Виноградов Г.В., Малкин А.Я. Реология полимеров. М.: Химия. 1977.

4. Нильсен Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций. М.: Химия. 1978.
5. Драго Р. Физические методы в химии. М.: Мир. 1-2 тт. 1981.
6. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. М.: Издательский центр «Академия». 2003.
7. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения. М.: Высш. шк. 1992.

### **Дополнительная литература к Теме 3**

1. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. М.: Научный мир. 2007.
2. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения. М.: Высшая школа. 1992.
3. Аналитическая химия полимеров. М. 1-3 кн. 1963-1966
4. Энциклопедия полимеров. М.: Сов. Энциклопедия. 1–3 тт. 1972-1978

### **Раздел 2. Дополнительные вопросы**

**Область исследования:** Химические превращения полимеров – внутримолекулярные и полимераналоговые, их следствия. Химическая и физическая деструкция полимеров и композитов на их основе, старение и стабилизация полимеров и композиционных материалов.

### **Тема 1. Полистирол. Синтез, свойства и применение.**

- 1.1. Полимеризация стирола: радикальная и ионная полимеризация.
- 1.2. Способы проведения полимеризации стирола. Эмульсионная, суспензионная полимеризация, полимеризация в массе. Недостатки и преимущества способов.
- 1.3. Инициаторы радикальной полимеризации стирола. Влияние выбора инициатора на ММХ, физико-химические и физико-механические свойства.
- 1.4. Полистирол общего назначения. Ударопрочный полистирол. Полистирол вспенивающийся. АВС пластики. Синтез и применение.
- 1.5. Побочные реакции и реакции сшивания в процессе радикальной полимеризации стирола.
- 1.6. Синтез стирола. Примеси, побочные продукты и их влияние на процесс полимеризации стирола.
- 1.7. Влияние ММХ, примесей, аддитивов, остаточного мономера на химические, физико-химические и физико-механические свойства полистирола.
- 1.8. Огнеупорные добавки, применяемые в производстве полистирола
- 1.9. Ключевые потребительские свойства полистирола. Применение полистирола.



## **Тема 2. Теплофизические свойства полимерных материалов.**

2.1. Температура стеклования и размягчения полистирола. Влияние ММХ, разветвленности, способа производства полимера. Влияние примесей. Способы изменения температуры стеклования.

2.2. Температура деструкции и термостойкость полистирола. Способы повышения устойчивости полистирола к воздействию высоких температур. Антипирены для полистирола. Механизм деструкции полистирола.

2.3 Антипирены. Их классификация, подходы к достижению огнеупорных свойств

2.2. Механизмы антипирирующего действия

2.4. Переработка полистирола. Влияние способа производства, ММХ и примесей на перерабатываемость полистирола.

2.5 Химия горения. Цикл горения, процесс горения

2.6 Теплоизоляционные свойства полистирольных пластиков. Факторы, влияющие на теплоизоляционные свойства полистирола вспенивающегося и экструзионного.

### **Рекомендуемая литература**

1. Чулановский В.М. Инфрокрасные спектры поглощения полимеров и вспомогательных веществ / В. М. Чулановский. – Л.: Химия, 1969. – 357 с.
2. Браун Д. Практическое руководство по синтезу и исследованию свойств полимеров / Д. Браун и др.; пер. с нем. Е. С. Гариной. – М.: Химия, 1976. – 256 с.
3. Хаслам Дж. Идентификация и анализ полимеров / Дж. Хаслам, Г. А. Виллис; пер с англ. А. Я. Лазариса. – М.: Химия, 1971. – 432 с.
4. Киреев В. В. Высокомолекулярные соединения: учебник для бакалавров / В. В. Киреев. – М. : Изд-во «Юрайт», 2013. – 602 с.
5. Оудиан Дж. Основы химии полимеров / Дж. Оудиан; пер. с англ. В. В. Коршака. – М.: Мир, 1974. – 614 с.
6. Тугов И. И. Химия и физика полимеров / И. И. Тугов. – М.: Химия, 1989. – 432 с.
7. Шур А. М. Высокомолекулярные соединения / А. М. Шур. – М.: Высшая школа, 1981. – 656 с.
8. Scheirs, J. Modern Styrenic Polymers: Polystyrenes and Styrenic Copolymers / J. Scheirs, D. B. Priddy. – Chichester : Wiley Series in Polymer Science, 2003. – 766 p.
9. Nishizawa H. Flame retardant polymeric materials: II basics & recent trends in studies of flame retardant mechanisms / H. Nishizawa. – International Polymer Science and Technology, 2014. – 291 p.
10. Shui-Yu Lu Recent Developments in the chemistry of halogen-free flame retardant polymers / L. Shui-Yu, I. Hamerton. – Progress in Polymer Science, 2002. – 1661 p.

**Область исследования:** Целенаправленная разработка полимерных материалов с новыми функциями и интеллектуальных структур с их применением, обладающих характеристиками, определяющими области их использования в заинтересованных отраслях науки и техники.

## **Тема 1. Свойства, классификация и области применения металл-органических координационных полимеров (МОКП)**

1.1. МОКП. Классификация, структура и физико-химические свойства МОКП.

1.2. Композиционные материалы на МОКП. Области применения МОКП.

1.3. Классификация пористых материалов по ИЮПАК, виды изотерм адсорбции-десорбции.

1.4. Применение МОКП в качестве катализаторов и адсорбентов.

1.5. Системы на основе ZIFs в качестве катализаторов циклоприсоединения углекислого газа к эпоксидам с образованием циклических карбонатов.

1.5. Применение МОКП в качестве носителя для создания систем контролируемой доставки лекарств.

## **Тема 2. Получение и свойства металл-органических координационных полимеров (МОКП) и композиционных материалов на их основе.**

2.1. Кислотно-основных центры на поверхности твердых тел. Определение понятий: кислотный центр Льюиса, кислотный центр Бренстеда, основной центр Льюиса, основной центр Бренстеда. Методы определения кислотно-основных центров.

2.2. Методы модификации поверхности неорганических носителей и их классификация. Сущность методов. Требования к носителям и модифицирующим агентам.

2.3. Общий механизм присоединения нуклеофильных частиц к эпоксидам с образованием циклических карбонатов. Предполагаемый механизм присоединения углекислого газа к эпоксидам с образованием циклических карбонатов в присутствии ZIF-8, ZIF-67.

2.4. Кинетика высвобождения лекарственных компонентов из системы доставки лекарств ZIF-8/лекарственный компонент. Параметры, влияющие на кинетику высвобождения лекарственного компонента.

## **Тема 3. Методы исследования металл-органических координационных полимеров**

3.1. Рентгенофазовый анализ. Получение и природа рентгеновских лучей. Дифракция на кристалле. Установление вещества по данным о его

межплоскостных расстояниях, установление структурных параметров (область когерентного рассеяния, степень кристалличности).

3.2. Метод низкотемпературной адсорбции азота, определение текстурных характеристик (величина удельной поверхности, пористость объем пор, объем микропор). Теория и уравнение БЭТ.

3.3. Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Основные принципы РЭМ. Основные составные части микроскопов.

### Рекомендуемая литература

1. Синдо Д. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия / Д. Синдо, Т. Оикава ; перевод с англ. С. А. Иванова. - М. : Техносфера, 2006. - 249, [4] с.
2. Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт ; пер. с англ. В. И. Ролдугина. - [2-е изд.]. - Долгопрудный : Интеллект, 2010. - 500, [1] с.: ил.
3. Суздальев И. П. Нанотехнология : физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздальев. - Москва : ЛИБРОКОМ, 2013. - 589 с.
4. Scheirs, J. Modern Styrenic Polymers: Polystyrenes and Styrenic Copolymers / J. Scheirs, D. B. Priddy. - Chichester : Wiley Series in Polymer Science, 2003. - 766 p.
5. Nishizawa H. Flame retardant polymeric materials: II basics & recent trends in studies of flame retardant mechanisms / H. Nishizawa. - International Polymer Science and Technology, 2014. - 291 p.
6. Shui-Yu Lu Recent Developments in the chemistry of halogen-free flame retardant polymers / L. Shui-Yu, I. Hamerton. - Progress in Polymer Science, 2002. - 1661 p.
7. Коваленко К. А. Соединения включения на основе мезопористого терефталата хрома (III)MIL-101 : диссертация ... кандидата химических наук : 02.00.01 / Коваленко Константин Александрович; [Место защиты: Ин-т неорган. химии Сиб. отд-ния РАН].- Новосибирск, 2010.- 141 с.
8. Баркова М. И. Получение и газоразделительные свойства композитных мембран на основе металл-органических координационных полимеров: диссертация ... кандидата химических наук: 02.00.04 / Баркова Марина Ивановна; [Место защиты: Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова].- Москва, 2014.- 117 с.
9. Metal-Organic Frameworks (MOF), или металлоорганические координационные полимеры (МКОП): [учеб.-метод. пособие для] / А. В. Баранов [и др.]. - Казань : Изд-во ИОФХ им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН, 2013. - 41 с.

10. Sweeney C. et al. Seasonal climatology of CO<sub>2</sub> across North America from aircraft measurements in the NOAA/ESRL Global Greenhouse Gas Reference Network // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. – 2015. – V. 120. – №. 10. – P. 5155-5190.
11. Pescarmona P. P., Taherimehr M. Challenges in the catalytic synthesis of cyclic and polymeric carbonates from epoxides and CO<sub>2</sub> // *Catalysis Science & Technology*. – 2012. – V. 2. – №. 11. – P. 2169-2187.
12. Liu J., Wöll C. Surface-supported metal–organic framework thin films: fabrication methods, applications, and challenges // *Chemical Society Reviews*. – 2017. – V. 46. – №. 19. – P. 5730-5770.
13. Карнаухов А. П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов / А. П. Карнаухов. - [Б. м. : б. и., 1999]. - . URL: <http://sun.tsu.ru/limit/2016/000343275/000343275.pdf>
14. Бондаренко Г. Г. *Материаловедение : Учебник Для СПО* / Бондаренко Г. Г., Кабанова Т. А., Рыбалко В. В. ; под ред. Бондаренко Г. Г.. - Москва : Юрайт, 2022. - 329 с.

*Раздел 2. Дополнительные вопросы Программы кандидатского экзамена может корректироваться в зависимости от направлений исследований аспирантов.*

### **Пример экзаменационного билета**

1. Основные модели полимерных цепей: свободно-сочлененная цепь, цепь с фиксированными углами. Характеристики размеров и формы полимерных цепей. Внутреннее вращение и поворотная изомерия.

2. Экспериментальные методы исследования структуры макромолекул в растворе (вискозиметрия, светорассеяние, седиментация, двойное лучепреломление).

3. Реакционная способность функциональных групп макромолекул и низкомолекулярных соединений. Эффекты цепи и соседней группы, конфигурационные и конформационные эффекты.3.

4. Метод низкотемпературной адсорбции азота, определение текстурных характеристик (величина удельной поверхности, пористость объем пор, объем микропор). Теория и уравнение БЭТ.

5. Кислотно-основных центры на поверхности твердых тел. Определение понятий: кислотный центр Льюиса, кислотный центр Бренстеда, основной центр Льюиса, основной центр Бренстеда. Методы определения кислотно-основных центров.

**Лист дополнений и изменений**

**к ПРОГРАММЕ**

**кандидатского экзамена по научной специальности**

*1.4.7. «Высокомолекулярные соединения»*

В программу кандидатского экзамена вносятся следующие дополнения и изменения:

Изменения одобрены на заседании кафедры ВМС и нефтехимии,  
протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой

А.В. Восмериков