

**Приложение 3**

**УТВЕРЖДЕНО**

**приказом ФИЦ КазНЦ РАН**

**01.03.2019 № 7-А**

Разработано и рекомендовано к утверждению  
Ученым советом ИОФХ им. А.Е. Арбузова -  
обособленного структурного подразделения  
ФИЦ КазНЦ РАН

«27» февраля 2019 г., протокол № 3

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Высокомолекулярные соединения»**

Уровень высшего образования  
Подготовка кадров высшей квалификации  
Направление подготовки

**04.06.01 ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

Направленность подготовки:

02.00.06 – Высокомолекулярные соединения

Квалификация выпускника:

Исследователь. Преподаватель-исследователь

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Виды учебной деятельности, способ и формы ее проведения, трудоемкость дисциплины.
2. Перечень планируемых результатов обучения.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Содержание дисциплины.
5. Учебно-тематический план занятий
6. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации, критерии оценки.
7. Перечень учебной литературы и ресурсов сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины.
8. Описание материально-технической базы, необходимой для освоения дисциплины.

## **1. ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, СПОСОБ И ФОРМЫ ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ, ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ**

Виды учебной деятельности: аудиторные занятия - 1 зачетная единицы труда (36 часов), самостоятельная работа – 9 зачетных единиц труда (324 часа), всего – 10 зачетных единиц труда (360 часов).

Форма проведения аудиторных занятий – лекции и консультации.

В рамках часов самостоятельной работы по указанию преподавателя аспиранты прорабатывают темы и осваивают теоретические вопросы, излагаемые в лекционном курсе, а также самостоятельно изучают другие вопросы программы.

Формой текущего контроля является зачет.

Формой промежуточной аттестации является кандидатский экзамен.

## **2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ**

В результате освоения дисциплины выпускник должен обладать следующими компетенциями:

### **2.1 Универсальные компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4).

### **2.2 Обще-профессиональные компетенции:**

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-3).

### **2.3 Профессиональные компетенции:**

- способность собирать и анализировать мировые научные знания о фундаментальных основах современной химии и формулировать направления самостоятельных исследований (ПК-1);
- владение основами современных методов экспериментальной химии (ПК-2);
- способность обобщать и анализировать полученные результаты и представлять их в виде научных публикаций (ПК-3).

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Органическая химия» является обязательной и включена в Блок № 1 программы аспирантуры, относящийся к вариативной части основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки. Обучение проводится на втором курсе.

Данная дисциплина базируется на знаниях и умениях, выработанных при прохождении общих профессиональных курсов «Органическая химия», «Строение вещества», «Квантовая химия», «Физические методы исследования» в рамках магистерской программы образования или специалитета. Владением данными знаниями и умениями устанавливается в ходе вступительных испытаний в аспирантуру.

Аспирант должен обладать навыками самостоятельного освоения изучаемого материала.

В результате освоения дисциплины аспирант должен получить дополнительные знания, умения и навыки. Аспирант должен:

#### ***Знать:***

- реакции получения олигомеров и высокомолекулярных соединений;
- химию полимеров и полимерных композиционных материалов;
- физику полимеров и полимерных композиционных материалов;
- методы исследования полимеров и полимерных композиционных материалов;
- современные наукометрические, информационные, патентные и иные базы данных и знаний;
- методы научных исследований в области химии, правила требований техники безопасности при проведении химических экспериментов.

#### ***Владеть:***

- глубокими, специализированными знаниями, на основе которых осуществляется критический анализ, оценка и синтез инновационных идей;
- навыками сбора, обработки и систематизации информации по теме исследования.

**Уметь:**

- критически анализировать научную литературу с целью самостоятельного выбора направления исследования, самостоятельно составлять план исследования; участвовать в научных дискуссиях;
- определять необходимые средства и методы для выполнения исследования; определять необходимые ресурсы (материальные и нематериальные) для выполнения исследования.

**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ****4.1. Реакции получения олигомеров и высокомолекулярных соединений**

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.

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.

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.

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.

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

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.

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.

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.

Полиприсоединение. Механизм образования полиуретанов, поликарбамидов и эпоксидных полимеров.

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.

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.

## 4.2. Химия полимеров и полимерных композиционных материалов

Основные признаки разветвленных полимеров и методы синтеза, их конфигурация (на уровнях звена, цепи, присоединения звеньев, присоединения блоков) и конформация. Факторы, определяющие конформационные переходы. Структурная модификация и надмолекулярная структура. Сверхразветвленные полимеры и дендримеры, их синтез и особенности строения.

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.

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.

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

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.

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 термореактивные полимеры, полимер-полимерные смеси).

Методы получения полимерных композиционных материалов.

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.

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

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 наноккомпозитов при решении научных и технических задач.

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

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

Вторичная переработка полимеров и ПКМ, основные тенденции и современное состояние. Экологические проблемы вторичной переработки полимеров и ПКМ.

### **4.3. Физика полимеров и полимерных композиционных материалов**

*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.

*Высокомолекулярные соединения в растворе.* Характер взаимодействия в растворах полимеров. Термодинамика растворов полимеров. Теория Флори-



Хаггинса.  $\theta$ -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.

*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.

*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.

*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.

*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.

*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.

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

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

*Моделирование молекулярной и надмолекулярной структур* олигомеров, полимеров и сополимеров в растворах, расплавах и полимерных твердых тел 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.

*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.

*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.

*Электрические, оптические и магнитные свойства полимеров и ПКМ.* Линейные и нелинейные эффекты в полимерах и полимерных композитах. Сенсоры на основе полимеров и ПКМ.

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.

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

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

*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.

*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.

*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.

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

*Термодинамика совместимости полимеров.* Фазовая структура и морфология. Микромеханика смесей полимеров. Деформация и разрушение твердых тел на основе полимерных смесей.

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

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

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

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

*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.

#### 4.4. Методы исследования полимеров и полимерных композиционных материалов

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.

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

Спектроскопия полимеров: ИК, МНПВО, КР. Специфика методов и задачи, решаемые с их применением.

Флуоресцентный анализ полимеров.

Электронный и ядерный парамагнитный резонансы. Сущность методов, аппаратура, области применения. Метод спиновой метки. ЯМР высокого и низкого разрешения.

Теплофизические методы. Дилатометрия. Дифференциальный термический анализ. Калориметрические методы.

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

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

Оптическая и электронная микроскопия.

Физико-механические методы. Термомеханический метод.

Неразрушающие методы исследования ПКМ.

Динамические методы. Диэлектрическая и механическая спектроскопия.

Электрофизические методы исследования свойств полимеров и ПКМ.

Туннельная микроскопия.

Полярография и другие электрохимические методы.

Транспортные методы для исследования полимеров. Обращенная и геле-проникающая хроматография.

Особенности методов исследования нанокомпозитов и их ингредиентов.

## 5. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Наименование темы	Аудиторные занятия	Самост. работа	Всего часов
4.1.	Реакции получения олигомеров и высокомолекулярных соединений	<b>8</b>	<b>72</b>	<b>80</b>
4.2.	Химия полимеров и полимерных композиционных материалов	<b>8</b>	<b>90</b>	<b>98</b>
4.3.	Физика полимеров и полимерных композиционных материалов	<b>10</b>	<b>90</b>	<b>100</b>
4.4.	Методы исследования полимеров и полимерных композиционных материалов	<b>10</b>	<b>72</b>	<b>82</b>
<b>ИТОГО</b>		<b>36</b>	<b>324</b>	<b>360</b>

## 6. ФОРМЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

**6.1. Текущий контроль:** текущий контроль освоения дисциплины проводится регулярно, начиная со второй недели обучения, в форме контроля посещаемости, устного опроса по изучаемой теме. Формой итогового контроля по дисциплине является зачет. Зачет проводится по вопросам.

### *Вопросы к итоговому контролю*

1. Полидисперсность, молекулярная масса, степень полимеризации, молекулярно-массовое и молекулярно-численное распределение олигомеров и полимеров.
2. Полимеризация в растворе, в массе, в суспензии, в эмульсии, в твердой фазе.
3. Радикальная полимеризация и ее механизм.
4. Ингибиторы и регуляторы радикальной полимеризации.
5. Сополимеризация, ее механизм и основные закономерности.
6. Ионная полимеризация. Реакционная способность мономеров в ионных реакциях.
7. Ионно-координационная полимеризация и ее особенности.
8. Стереорегулярные полимеры и условия их получения.
9. Типы химических реакций поликонденсации. Реакционная способность функциональных групп.
10. Трехмерная поликонденсация и ее закономерности.
11. Виды сшивающих агентов и особенности строения сеток.
12. Природные полимеры и их разновидности, методы выделения из природного сырья и идентификации, методы модификации.
13. Реакции замещения в полимерной цепи.

14. Реакции структурирования полимеров и их особенности. Изменение свойств полимеров в результате структурирования.
15. Межмолекулярные реакции и образование трехмерных сеток.
16. Реакции присоединения, отщепления и изомеризации.
17. Волокнообразующие полимеры и волоконные полимерные композиты, методы получения и структура.
18. Термопластичные и терморезистивные полимеры.
19. Межфазные явления на границах раздела полимер-полимер, полимер-твердое тело.
20. Нанокompозиты: особенности получения и основные свойства.
21. Основные виды деструкции: химическая, термическая, термоокислительная, фото- и механическая.
22. Стабилизация высокомолекулярных соединений.
23. Гибкость полимерных цепей и ее характеристики.
24. Термодинамика растворов полимеров. Теория Флори-Хаггинса.  $\theta$ -температура.
25. Аморфные и кристаллические полимеры. Фазовые переходы, механизм кристаллизации и плавления кристаллов.
26. Стеклование полимеров и методы его определения.
27. Основные свойства высокоэластического состояния полимеров.
28. Закономерности течения расплавов полимеров, кривые течения, закон течения, механизм течения.
29. Основные типы кристаллических структур макромолекул.
30. Кристаллизация и плавление полимеров, методы исследования.
31. Жидкокристаллическое состояние полимеров.
32. Релаксационный характер процессов деформации. Гистерезисные процессы.
33. Межатомное взаимодействие в полимерах.
34. Экспериментальные методы исследования структуры макромолекул в растворе (вискозиметрия, светорассеяние, седиментация, двойное лучепреломление).

## 6.2. Критерии оценки итогового контроля:

«зачтено»	Вопрос раскрыт, приведены конкретные примеры механизмов или соединений, методы доказательства их существования.
«не зачтено»	Вопрос не раскрыт или раскрыт частично, не хватает ключевых примеров и механизмов реакций, методов доказательства их осуществления

**При отсутствии оценки «зачтено» обучающийся не допускается к промежуточной аттестации**

**6.3. Промежуточная аттестация: кандидатский экзамен по утвержденной программе**

Кандидатский экзамен по дисциплине «Высокомолекулярные соединения» проводится в устной форме по вопросам программы, на экзамене предлагается три вопроса (без билетов). После устного ответа могут заданы дополнительные и уточняющие вопросы, не выходящие за пределы программы кандидатского экзамена.

#### 6.4. Критерии оценки промежуточной аттестации

<b>Отлично</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Все вопросы раскрыты полностью;</li> <li>– Обучающийся владеет основными теориями и глубоко понимает их содержание;</li> <li>– Имеет ясное представление связи теории и практики в рамках излагаемого материала;</li> <li>– Уверенно владеет необходимыми методами решения конкретных задач, может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами;</li> <li>– Ясно и четко дает основные определения. Владеет терминологическим и понятийным аппаратом;</li> <li>– Развернуто отвечает на дополнительные вопросы.</li> </ul>
<b>Хорошо</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Вопросы раскрыты по существу;</li> <li>– Обучающийся в целом владеет основными теориями и понимает их содержание;</li> <li>– Имеет общее представление о связи теории и практики в рамках излагаемого материала;</li> <li>– Владеет в целом необходимыми методами решения конкретных задач, может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами;</li> <li>– В достаточной мере владеет понятийным и терминологическим аппаратом;</li> <li>– Имеет затруднения при ответе на дополнительные вопросы.</li> </ul>
<b>Удовлетворительно</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Вопросы раскрыты, но не полностью;</li> <li>– Слабое понимание связи теории и практики;</li> <li>– Обучающийся может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, но имеет затруднения при решении некоторых задач;</li> <li>– Обучающийся не демонстрирует уверенного владения понятийным и терминологическим аппаратом;</li> <li>– Дополнительные вопросы вызывают затруднение.</li> </ul>

<b>Неудовлетворительно</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Большая часть вопросов не раскрыта;</li> <li>– Обучающийся не может проиллюстрировать основные положения теории конкретными примерами, не может применить теорию при решении конкретных задач;</li> <li>– Нет ответов на дополнительные вопросы.</li> </ul>
----------------------------	--

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### *7.1. Литература*

(жирным шрифтом выделена основная литература)

1. McCrum N.G., Read B.E., Williams G. Anelastic and Dielectric Effects in Polymeric Solids. Wiley, 1967, 617 с.
2. **Strobl G. The Physics of Polymers: Concepts for Understanding Their Structures and behavior. Springer, 2007, 518 p.**
3. Аналитическая химия полимеров. М. 1-3 кн. 1963-1966
4. Бартенев Г.М., Френкель С.Я. Физика полимеров. 1990, 430 с.
5. Бартенев Г.Н., Бартенева А.Г. Релаксационные свойства полимеров. М.: Химия. 1992.
6. Виноградов Г.В., Малкин А.Я. Реология полимеров. М.: Химия. 1977.
7. **Виноградова С.В., Васнев В.А. Поликонденсационные процессы и полимеры. М.: Наука, 2000.**
8. Волькенштейн М.В., Конфигурационная статистика полимерных цепей, М.-Л., 1959.
9. Вольфсон С.А., Берлин А.А., Ошмян В.Г., Ениколопов Н.С. Принципы создания композиционных полимерных материалов. М.: Химия. 1990.
10. Вундерлих Б. Физика макромолекул. М.: Мир. 1978.
11. Годовский Ю.К. Теплофизика полимеров. М.: Химия. 1983.
12. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Статистическая физика макромолекул. М.: Наука, 1989, 342 с.
13. Губкин А. Н. Электреты. М.: Наука, 1978. 192 с.
14. Гуль В.Е., Кулезнев В.Н. Структура и механические свойства полимеров. М.: Высшая школа. 1979.
15. Драго Р. Физические методы в химии. М.: Мир. 1-2 тт. 1981.
16. Иванчев С.С. Радикальная полимеризация. Л. Химия. 1985.
17. **Иржак В.И. Архитектура полимеров. М.: Наука, 2012, 368 с.**
18. Кауш Г. Разрушение полимеров. М.: Мир. 1981.
19. **Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения. М.: Юрайт, 2013, 602 с.**
20. Кулезнев В.Н. Смеси полимеров. М.: Химия. 1980.
21. Липатов Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров. М.: Химия, 1977, 304 с.



22. Луцейкин Г. А. Полимерные электреты. М.: Химия. 1984. 184 с.
23. Оудиан Дж. Основы химии полимеров. Пер. с англ., М.: Мир, 1974.
24. Платэ Н.А., Литманович А.Л., Ноа О.А. Макромолекулярные реакции. М.: Химия, 1977 – 256 с.
25. **Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия. 2000.**
26. Практикум по химии и физике полимеров, под ред. Куренкова В.Ф. М. Химия. 1995
27. **Рычков А. А., Бойцов В. Г. Электретный эффект в структурах полимер-металл: Монография. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2000, 250 с.**
28. Сажин Б.И. Электрические свойства полимеров. Л.: Химия, 1977, 191 с.
29. **Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. М.: ИЦ "Академия", 2003, 367с.**
30. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. М.: Химия. 1978.
31. Тугов И.И., Кострыкина Г.И. Химия и физика полимеров. М.: Химия. 1989.
32. Федтке М. Химические реакции полимеров, М.: Химия. 1989.
33. Флори П. Статистическая механика цепных молекул, пер. с англ., М.: Мир, 1971.
34. **Хохлов А.Р., Кучанов С.И. Лекции по физической химии полимеров. М.: Мир. 2000.**
35. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. М.: Высшая школа. 1981.
36. Электреты / Под ред. Сесслера Г. М.: Мир. 1983. 487 с.
37. Энциклопедия полимеров. М.: Сов. Энциклопедия. 1 –3 тт. 1972-1978.

## *7.2. Электронные ресурсы*

- ✓ Электронная платформа издательства American Chemical Society - <http://www.pubs.acs.org>
- ✓ Электронная платформа издательства Taylor&Francis - <http://www.informaworld.com>
- ✓ Электронная платформа издательства - [http:// www.scitation.aip.org](http://www.scitation.aip.org)
- ✓ Электронная платформа издательства Royal Society of Chemistry - <http://www.rsc.org>
- ✓ Электронная платформа издательства WILEY-BLACWALL - <http://www.interscience.wiley.com>
- ✓ Электронная платформа издательства SPRINGER - <http://www.springerlink.com>
- ✓ Платформа научной электронной библиотеки e-Library.ru - <http://www.elibrary.ru>
- ✓ Электронная платформа издательства Elsevier - <http://www.sciencedirect.com>
- ✓ Электронная платформа издательства Elsevier - <http://www.scopus.com>  
(Реферативно-поисковая база данных Scopus)

## **8. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные занятия и консультации, самостоятельная работа по освоению дисциплины и подготовка к сдаче кандидатских экзаменов проводятся в специальных помещениях (читальный зал научной библиотеки и/или конференц-залы), оборудованных мебелью (столы, стулья), классной доской (меловой), компьютером, проектором для демонстрации презентаций.