

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт естественных наук и математики



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
А.В. Германенко
20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Программа аспирантуры Высокомолекулярные соединения	Код ПА 1.4.7.
Группа специальностей Химические науки	Код 1.4.
Федеральные государственные требования (ФГТ)	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» №315/03 от 31.03.2022

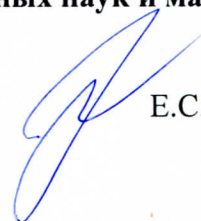
Екатеринбург
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена автором:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение
1	Вшивков Сергей Анатольевич	д.х.н., профессор	профессор	Кафедра органической химии и высокомолекулярных соединений Института естественных наук и математики

Рекомендовано учебно-методическим советом Института естественных наук и математики

Председатель учебно-методического совета ИЕНиМ
Протокол № 5 от 17.05.2022 г.



Е.С. Буянова

Согласовано:

Начальник ОПНПК



Е.А. Бутрина

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Специальная дисциплина «Высокомолекулярные соединения» способствует освоению основных профессиональных компетенций и их компонентов и направлена на углубленное изучение базовых разделов химии и физикохимии высокомолекулярных соединений: методов синтеза и исследования свойств высокомолекулярных соединений.

1.2. Язык реализации дисциплины - русский

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Дисциплина «Высокомолекулярные соединения» относится к базовой части программы аспирантуры, направлена на подготовку к сдаче кандидатского минимума.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- методы синтеза высокомолекулярных соединений;
- методы исследования свойств высокомолекулярных соединений;

Уметь:

- использовать специализированное программное обеспечение и современные информационные технологии;
- систематизировать полученные теоретические и опытные данные, обобщать полученные знания и представлять полученные результаты в форме научных публикаций;
- разработать оптимальную схему получения различных высокомолекулярных соединений;
- давать рекомендации на основании проведенных исследований;
- выбирать и анализировать научную литературу для избранного направления исследований, формулировать задачи работы на основе анализа литературы;
- выбрать или самостоятельно составить методику исследования высокомолекулярных соединений.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- навыками работы с научной литературой и базами данных с целью определения направления исследования и решения специализированных задач;
- навыками научной коммуникации;
- навыками моделирования основных процессов исследования;
- методиками синтеза различных высокомолекулярных соединений;
- методиками исследования различных свойств высокомолекулярных соединений.

1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	6
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия	0	0	0
4.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	104	1	104
5.	Промежуточная аттестация	Экзамен	1	Экзамен, 18
6.	Общий объем по учебному плану, час.	108	5	108
7.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Основные понятия и определения химии высокомолекулярных соединений. <i>Лекции 1 час; самостоятельная работа аспиранта, 1 час.</i>	Мономер, олигомер, полимер. Макромолекула, полимерная цепь, звено цепи, степень полимеризации. Специфика понятия «молекулярная масса» применительно к полимерам. Химические формулы молекул полимеров, образование названий полимеров. Классификация полимеров по химической природе атомов, образующих главную цепь полимера (органические, элементорганические, неорганические, гомоцепные и гетероцепные полимеры). Классификация полимеров по геометрии строения цепи (линейные, разветвленные, сетчатые, гребнеобразные, лестничные, звездообразные, дендримеры). Классификация полимеров по принадлежности макромолекул к определенному классу химических соединений: полиолефины, полидиены, полиэферы (простые и сложные), полиамиды, поликарбонаты, полиуретаны, полисилоксаны и др. Классификация полимеров по регулярности строения главной цепи: изо-, синдио- и атактические полимеры; цис-, транс- изомеры, 1,4 и 1,2 присоединение в каучуках. Классификация сополимеров: статистические, блок- и привитые (графт)сополимеры.
2	Синтез полимеров. Полимеризация. <i>Лекции 1 час; самостоятельная работа</i>	Полимеризация. Определение реакции полимеризации. Строение мономеров, способных к полимеризации. Влияние химического строения на реакционную способность мономеров и получающихся из них

	<p><i>аспиранта, 21 час.</i></p>	<p>радикалов, анионов и катионов. Радикальная полимеризация, ее механизм, способы инициирования. Физическое инициирование: фото-, термо- и радиоиницирование. Химическое инициирование с использованием диазо-, пероксидных соединений и окислительно – восстановительных систем. Стадии роста, обрыва и передачи цепи. Понятие о реакции теломеризации. Образование цепей по типу «голова-хвост», «голова-голова», «хвост к хвосту». Пространственное строение продуктов радикальной полимеризации. Кинетика радикальной полимеризации. Влияние концентрации инициатора, концентрации мономера, давления и температуры на скорость реакции полимеризации и степень полимеризации образующегося полимера. Ингибиторы и регуляторы. Порядок величин молекулярных масс продуктов полимеризации. Влияние примесей, прерывателей цепи на молекулярную массу полимера. Термодинамика полимеризации ненасыщенных соединений и циклов. Изменение энтальпии и энтропии в реакции полимеризации. Влияние температуры на возможность осуществления полимеризации. Полимеризационно - деполимеризационное равновесие. Предельные температуры полимеризации. Получение сетчатых полимеров методом радикальной полимеризацией. Радикальная сополимеризация. Уравнение состава сополимера (уравнение Майо). Константы сополимеризации, их связь с химическим строением мономеров (полярные и пространственные факторы) и роль в образовании статистических сополимеров различного состава. Схема «Q-e» Алфрея-Прайса. Ионная полимеризация, ее виды в зависимости от природы мономера и типа применяемого катализатора. Катионная полимеризация. Инициирование катионной полимеризации, катализаторы и сокатализаторы. Реакции роста и обрыва цепи. Кинетика катионной полимеризации. Анионная полимеризация. Инициирование анионной полимеризации, реакции роста и обрыва цепи. Понятие о «живых цепях», их роль в создании блок-сополимеров. Кинетика анионной полимеризации. Анионно - координационная полимеризация. Типы применяемых катализаторов: литийорганические соединения, катализаторы Циглера - Натта. Механизм синтеза стереорегулярных полимеров. Ступенчатая полимеризация, ее определение. Полимеризация циклов, синтез полиуретанов, реакции полиприсоединения.</p>
<p>3</p>	<p>Синтез полимеров. Поликонденсация. <i>Лекции 1 час;</i> <i>самостоятельная работа аспиранта, 22 часа.</i></p>	<p>Реакция поликонденсации, ее отличие от реакции полимеризации. Строение мономеров, способных вступать в реакцию поликонденсации. Функциональность мономеров и их способность образовывать линейные и сетчатые полимеры.</p>

		<p>Кинетика поликонденсации. Равновесная и неравновесная поликонденсация, гомо- и гетерополиконденсация. Трехмерная поликонденсация. Рассмотрение особенностей реакции на примере синтеза новолачных и резольных фенол-формальдегидных смол.</p> <p>Промышленные способы получения синтетических полимеров. Способы проведения полимеризации: в массе газообразного и жидкого мономера, в растворе, в эмульсии, в твердом состоянии. Способы проведения линейной поликонденсации в массе мономеров (в расплаве), в растворе, в границе раздела фаз. Особенности поликонденсации в границе раздела фаз: скорость процесса, обрыв цепи, величины молекулярных масс получаемых полимеров. Сравнение чистоты полимеров, полученных разными способами. Оценка экологической надежности методов. 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. 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.</p>
4	<p>Химические превращения. <i>Лекции 1 час;</i> <i>самостоятельная работа аспиранта, 1 час.</i></p>	<p>Особенности химических реакций с участием макромолекул. Конфигурационный эффект, эффект «соседа». Конформационные, концентрационные, электростатические и надмолекулярные эффекты. Химические реакции, не приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул – полимераналогичные превращения. Получение новых полимеров методом химической модификации. Химические реакции, приводящие к уменьшению степени полимеризации. Деструкция под влиянием</p>

		<p>тепла, света и механического воздействия на полимер. Механизм процессов, способы защиты от физической деструкции при формовании и эксплуатации полимеров. Окислительная деструкция, механизм реакции окисления полимеров различного химического строения (полидиены, поливиниловые полимеры). Способы стабилизации полимеров. Химическая деструкция гетероцепных полимеров. Реакции гидролиза, ацидолиза, аминализа, алкоголиза, их роль в получении поликонденсационных полимеров. Химические реакции, приводящие к увеличению степени полимеризации.</p>
5	<p>Структура полимеров. <i>Самостоятельная работа аспиранта, 21 часа.</i></p>	<p>Три уровня структурной организации макромолекул: химическое строение цепи, конфигурация и конформация цепи, надмолекулярная организация полимеров. Конфигурации полимерных цепей. Конфигурационные изомеры макромолекул поливиниловых полимеров и полидиенов. Стереорегулярные макромолекулы. Внутреннее вращение в молекулах. Поворотные конформации молекул <i>trans</i>, <i>gauch</i>, <i>cis</i>. Потенциальный барьер вращения вокруг одинарной связи и факторы, определяющие его величину. Модели цепи макромолекул: свободно-сочлененная цепь; модели учитывающие постоянство валентных углов и длин связей. Гауссовы клубки макромолекул. Гибкость цепи полимеров. Поворотн-изомерный и персистентный механизмы гибкости. Термодинамическая гибкость цепи. Параметры, характеризующие термодинамическую гибкость: термодинамический сегмент Куна, параметры Флори, персистентная длина, параметр заторможенности вращения. Связь гибкости цепи с их химическим строением. Кинетическая гибкость цепи, факторы, ее определяющие: химическое строение, температура, величина и частота приложенных к полимеру внешних сил. Кинетический сегмент.</p> <p>Агрегатные и фазовые состояния полимеров. Особенности по сравнению с низкомолекулярными веществами. Кристаллическое фазовое состояние полимеров. Особенности термодинамики кристаллизации (плавления) полимеров. Влияние энтальпии и энтропии на температуру плавления полимеров, их связь с химическим строением макромолекул. Условия кристаллизации полимеров: регулярное строение цепи полимера, температурный диапазон. Степень кристалличности полимеров. Кристаллизация из расплавов и растворов полимеров. Молекулярная и надмолекулярная организация кристаллических полимеров. Монокристаллы и сферолиты, условия их образования. Типы сферолитов. Кинетика кристаллизации, уравнение Авраами-Колмогорова. Жидкокристаллическое состояние</p>

		<p>полимеров. Классификация жидких кристаллов: нематические, смектические и холестерические кристаллы. Лиотропные и термотропные жидкие кристаллы. Аморфное фазовое состояние полимеров. Молекулярная и надмолекулярная организация некристаллизующихся полимеров. Модели строения аморфных полимеров. Релаксационные состояния аморфных полимеров: стеклообразное, высокоэластическое, вязкотекучее. Температуры стеклования T_g и текучести T_f. Ориентированное состояние полимеров. Структура волокон и пленок. Понятие текстуры. Методы экспериментального исследования структуры полимеров. Рентгенография, электроно- и нейтронография, поляризационная микроскопия. Их возможности для изучения структуры полимеров. Рентгенограммы аморфных и кристаллических полимеров, их отличие от рентгенограмм низкомолекулярных веществ. Оценка степени кристалличности полимеров с помощью рентгеноструктурного анализа и других физических методов.</p>
6	<p>Релаксационные состояния и деформационные свойства. <i>Самостоятельная работа аспиранта, 20 часов.</i></p>	<p>Высокоэластическое состояние полимеров. Термодинамика и молекулярный механизм эластичности. Роль энтропии и энергии процесса в развитии высокоэластической деформации. Идеальные и реальные каучуки. Применение закона Гука к эластическим полимерам. Деформационные кривые эластомеров. Релаксационная природа эластичности. Релаксация напряжения и релаксация деформации. Время релаксации эластомеров и его определение по данным релаксации напряжения. Влияние температуры на достижение равновесия в релаксационных процессах. Гистерезисные явления при деформации эластомеров. Влияние частоты приложенного напряжения на переход полимера из высокоэластического состояния в стеклообразное (механическое стеклования). Принцип температурно-временной суперпозиции. Стеклообразное состояние полимеров. Механизмы стеклования. Релаксационный характер процесса. Температура стеклования как критерий морозостойкости каучуков и резин, теплостойкости пластмасс. Способы измерения T_g. Пластификация и антипластификация. Внутри- и межструктурная пластификация полимеров. Деформационные кривые полимерных стекол. Вынужденная эластичность полимерных стекол, ее механизм. Релаксационная природа вынужденной эластичности. Вязкотекучее состояние полимеров, механизм течения полимеров. Реологические кривые расплавов полимеров. Зависимость температуры текучести и вязкости расплавов полимеров от их молекулярной массы. Уравнение Ньютона. Ньютоновское и</p>

	<p>неньютоновское течение. Наибольшая и наименьшая ньютоновская вязкость. Эффективная вязкость. Единицы измерения вязкости.</p> <p>Механизм деформации кристаллических полимеров. Деформационные кривые кристаллических полимеров. Механизм разрушения полимеров. Теория кинетической прочности. Анализ уравнения С.Н. Журкова. Влияния температуры, величины приложенного напряжения, структуры полимера на долговечность полимеров. Разрывная прочность резин. Уравнение Г.М. Бартенева. Способы повышения прочности полимеров. Понятие о композиционных полимерных материалах; армированные и наполненные полимеры.</p> <p>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. Термомеханический метод исследования полимеров. Зависимость температур переходов (стеклования T_s, текучести T_t и плавления $T_{пл}$) от молекулярной массы и химического строения полимеров.</p> <p>Растворы полимеров. Особенности растворения веществ с высокой молекулярной массой. Ограниченное и неограниченное набухание. Равновесная степень набухания, ее зависимость от степени сетчатости полимера. Отличие растворов полимеров от коллоидных систем. Термодинамика растворения полимеров. Теория Флори - Хаггинса. Энтропия и энтальпия растворения эластомеров, стеклообразных и кристаллических полимеров. Влияние на растворимость химической природы полимера и растворителя, молекулярной массы полимера, степени кристалличности. Термодинамическое «качество» растворителя и методы его оценки. Сольватация и ассоциация в растворах полимеров. Осмотическое давление растворов полимеров, его зависимость от природы растворителя и концентрации раствора. Закона Вант-Гоффа. Уравнение состояния системы полимер - растворитель. Второй вириальный коэффициент. Давление набухания в концентрированных растворах полимеров, его природа. Влияние температуры на растворимость полимеров. Фазовые диаграммы систем полимер – растворитель для аморфных и кристаллических полимеров. Бинодаль, спинодаль, кривая ликвидуса, верхняя ВКТР и нижняя НКТР критические температуры растворения. Специфика фазовых диаграмм полимеров в сравнении с диаграммами низкомолекулярных веществ. Зависимость КТР от молекулярной массы полимеров. □-температура. Способы получения фазовых диаграмм.</p>
--	---

		<p>Влияние деформирования на фазовые диаграммы растворов аморфных и кристаллических полимеров. Фазовые диаграммы систем жидкокристаллический полимер – растворитель.</p> <p>Гидродинамические свойства макромолекул в растворах. Уравнения Ньютона и Пуазейля. Методы измерения вязкости растворов. Ламинарный и турбулентный потоки. Число Рейнольдса. Определение молекулярной массы полимеров вискозиметрическим методом. Относительная, приведенная и характеристическая вязкость, их размерности. Связь характеристической вязкости с молекулярной массой полимера. Уравнение Марка – Хаувинка -Куна. Зависимость характеристической вязкости от природы растворителя, температуры. Константа Хаггинса как мера оценки «качества» растворителя.</p> <p>Гели полимеров, их типы. Структура гелей. Виды фазовых диаграмм. Пульсирующий механизм синерезиса гелей. Явление коллапса гелей.</p> <p>Полиэлектролиты. Поликислоты, полиоснования, полиамфолиты. Сильные и слабые полиэлектролиты. Полиэлектролиты линейного и сетчатого строения. Природные полиэлектролиты: белки, нуклеиновые кислоты. Изоэлектрическая точка. Зависимость вязкости раствора полиэлектролита от концентрации и рН раствора. Оценка характеристической вязкости растворов полиэлектролита.</p> <p>Методы исследования полимеров. Экспериментальные методы исследования структуры макромолекул в растворе (вискозиметрия, светорассеяние, седиментация, двойное лучепреломление). Рентгеноструктурный анализ полимеров. Оптическая и электронная микроскопия. Физико-механические методы. Термомеханический метод.</p>
--	--	---

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Практические занятия

не предусмотрено

3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

3.2.1. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

не предусмотрено

3.2.2. Примерная тематика *индивидуальных* или *групповых* проектов

не предусмотрено

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

4.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

[Выбрать из списка, либо дополнить наименования оценочных средств]

4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета

не предусмотрено

4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Радикальная полимеризация, ее механизм, термодинамика и кинетика.
2. Ионная полимеризация, ее механизм, термодинамика, кинетика.
3. Сополиметизация, механизм, кинетика.
4. Термодинамическая классификация фазовых переходов. Стабильные и метастабильные фазы. Бинодаль, спинодаль, кривая ликвидуса.
5. Поликонденсация, механизм, термодинамика, кинетика.
6. Физическая и химическая деструкция полимеров.
7. Методы определения молекулярных масс полимеров.
8. Реологические свойства растворов полимеров.
9. Кинетическая теория прочности твердых тел.
10. Деформационные свойства эластомеров и стекол.
11. Гели полимеров.
12. Термодинамика растворения полимеров.
13. Пластификация и анипластификация полимеров.
14. Термодинамика и механизм высокоэластичной деформации полимеров.
15. Осмос. Осмотическое давление растворов полимеров. Давление набухания.
16. Релаксация напряжения и релаксация деформации полимеров.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Рекомендуемая литература

5.1.1. Основная литература

1. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. /Под ред. Аскадского А.А. М.: Научный мир, 2007. 576 с.
2. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. Н. Новгород: Издательство Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, 2003.
3. Вшивков С.А., Адамова Л.В., Сафронов А.П. Термодинамика полимерных систем. Екатеринбург, АМБ, 2011. 480 с.
4. Вшивков С.А. Фазовые переходы полимерных систем во внешних полях. Санкт – Петербург: Лань, 2013. 368 с.
5. Виноградова С.В., Васнев В.А., Поликонденсационные процессы и полимеры. М.: Наука, 2000.
6. Вшивков С.А. Фазовые переходы и структура полимерных систем. СПб: Лань, 2021. 264 стр. ISBN 978-5-8114-7291-8
7. Вшивков С.А., Русинова Е.В. Физика и химия полимеров. Поведение диамагнитных макромолекул в магнитном поле. Второе издание. СПб: Лань, 2021. 88 стр. ISBN 978-5-8114-8792-9 <https://e.lanbook.com/book/180868>
8. Вшивков С.А. Фазовые и структурные переходы жидкокристаллических наносистем. 3-е издание, доп. Санкт – Петербург: Лань, 2021. 112 стр. 978-5-8114-1301-0. <https://e.lanbook.com/book/168438>
9. Вшивков С.А. Фазовые переходы полимерных систем во внешних полях. Вшивков С. А., Издательство "Лань". 2021. 368 стр. 978-5-8114-1529-8. <https://e.lanbook.com/book/168577>
10. Хохлов А.Р., Кучанов С.И. Лекции по физической химии полимеров. М.: Мир, 2000.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Тугов И.И., Кострыкина Г.И. Химия и физика полимеров. М.: Химия, 1989.
2. Промышленные полимерные композиционные материалы / Под ред. М. Ричардсона. М.:

Химия, 1980.

3. Справочник по композиционным материалам / Под ред. Дж. Любина. Кн. 1, 2. М.: Машиностроение, 1988.
4. Принципы создания композиционных полимерных материалов / С.А. Вольфсон, А.А. Берлин, В.Г. Ошмян, Н.С. Ениколопов. М.: Химия, 1990.
5. Кауш Г. Разрушение полимеров. М.: Мир, 1981.
6. Энциклопедия полимеров. Т. 1—3. М.: Сов. энциклопедия, 1972—1978.
7. Бартенев Т.Н., Бартенева А.Г. Релаксационные свойства полимеров. М.: Химия, 1992.
8. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Полимеры и биополимеры с точки зрения физики. М.: ООО Издательский дом «Интеллект», 2010. 304 с.
9. Иржак В.И. Архитектура полимеров. Ин-т проблем химической физики РАН. М.: Наука, 2012. 368 с.
10. Вшивков С.А. Фазовые и структурные переходы жидкокристаллических наносистем. Санкт – Петербург: Лань, 2012. 112 с.
11. Вшивков С.А. Учебный курс повышения квалификации преподавателей и научных работников высшей школы по направлению «Нанотехнологии» «Фазовые и структурные превращения жидкокристаллических наносистем». 2010. 189 стр. www.nanoobr.ru
12. Вшивков С.А., Тюкова И.С. "Технология получения композиционных полимерных наноматериалов". 2011. 320 с.
13. Кулезнев В.Н., Шершнева В.А. Химия и физика полимеров. М.: Высш. шк., 1988.
14. Стрелихеев А.А., Деревницкая В.А., Слонимский Г.Л. Основы химии высокомолекулярных соединений. М.: Химия, 1976.
15. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. М.: Высш. шк., 1981.
16. Федтке М. Химические реакции полимеров. М.: Химия, 1989.
17. Платэ Н.А., Васильев А.Е. Физиологически активные полимеры. М.: Химия, 1986.
18. Платэ Н.А. Макромолекулярные реакции. М.: Химия, 1977.
19. Иванчев С.С. Радикальная полимеризация. Л. Химия, 1985.
20. Гуль В.Е., Кулезнев В.Н. Структура и механические свойства полимеров. М.: Высш. шк., 1979.
21. Бартенев Г.М. Прочность и разрушение полимеров. М.: Химия, 1984.
22. Вундерлих Б. Физика макромолекул. М.: Мир, 1978.
23. Уорд И. Механические свойства твердых полимеров. М.: Химия, 1974.
24. Годовский Ю.К. Теплофизика полимеров. М.: Химия, 1983.
25. Виноградов Г.В., Малкин А.Я. Реология полимеров. М.: Химия, 1977.
26. Нильсен Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций. М.: Химия. 1978.
27. Кулезнев В.Н. Смеси полимеров. М.: Химия, 1980.
28. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения. М.: Высш. шк., 1992.
29. Моравец Г. Макромолекулы в растворе. М.: Мир, 1987.
30. Гуль В.Е., Кулезнев В.Н. Структура и механические свойства полимеров. М.: Высш. шк., 1979.
31. Виноградов Г.В., Малкин А.Я. Реология полимеров. М.: Химия, 1977.

5.2. Методические разработки

1. Суворова А.И., Тюкова И.С., Сафронов А.П., Адамова Л.В. Высокомолекулярные соединения. Лабораторный практикум для студентов химического факультета. Екатеринбург, издательство Уральского университета, 2004.

5.3. Программное обеспечение

1. Microsoft office (Word, Excel, Power point);
2. Adobe Reader X
3. ChemOffice 2010
4. Isis Draw (Version 2.5)

5. Mercury (Version 2.4.5)
6. AutoDock (Version 1.5)
7. MestReNova (Version 6.0.2)
8. Open Babel (Version 2.3.1)
9. Avogadro (Version 1.0.3)
10. RasMol (Version 2.7.5.2)
11. Jmol (Version 12.0.45)

5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;
2. Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;
3. Scopus: <http://www.scopus.com>;
4. Reaxys: <http://reaxys.com>;
5. SciFinder <https://scifinder.cas.org>
6. Espacenet <https://ru.espacenet.com>
7. РИНЦ <https://www.elibrary.ru>
8. Поисковая система EBSCO Discovery Service <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=141>;
9. Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>;

5.5. Электронные образовательные ресурсы

1. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>;
2. Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>;
3. Электронный каталог <http://opac.urfu.ru>;
4. Электронно-библиотечные системы <http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330>;
5. Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75>;
6. Электронные ресурсы по подписке <http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Уральский федеральный университет имеет специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Уральский федеральный университет имеет материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации программы аспирантуры, обеспечения дисциплин (модулей), научно-исследовательской работы и практик, в соответствии с требованиями к материально-техническому и учебно-методическому обеспечению направленности программы.