



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИРКУТСКИЙ ИНСТИТУТ ХИМИИ им. А.Е. ФАВОРСКОГО  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



УТВЕРЖДАЮ  
Директор, д.х.н.

А.В. Иванов

« 27 » мая 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Химия высокомолекулярных соединений**

основная образовательная программа –  
программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки,  
профиль Высокомолекулярные соединения

Квалификация: Исследователь.  
Преподаватель-исследователь.

Год набора: 2021

Иркутск

2021

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) (утвержден Приказом Министерства образования и науки РФ от 30.07.2014 № 869)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании Ученого совета ИрИХ СО РАН протокол № 5 от «27» мая 2021 г.

Начальник отдела аспирантуры к.х.н.



Н.Н. Трофимова

## 1. Цели и задачи учебной дисциплины

Рассматриваемая дисциплина относится к основным дисциплинам при подготовке аспирантов, обучающихся по профилю Высокомолекулярные соединения.

Курс «Высокомолекулярные соединения» знакомит аспирантов с основами науки о полимерах и дает представления о ее важнейших практических приложениях, которые необходимы каждому современному химику, независимо от его последующей узкой специализации.

**Целью изучения дисциплины** является приобретение фундаментальных знаний и практических навыков, необходимых для профессиональной научно-исследовательской, инновационной и образовательной деятельности в области химии высокомолекулярных соединений; формирование обобщающей теоретической базы для изучения фундаментальных основ химии высокомолекулярных соединений и возможности их использования на практике.

### Задачи:

- формирование у обучающихся современных представлений о химии высокомолекулярных соединений, ее роли и значимости в сопоставлении с другими химическими науками;
- освоение навыков теоретического анализа результатов экспериментальных исследований в области химии;
- освоение методов планирования эксперимента и обработки собственных исследований;
- обучение умению систематизировать и обобщать результаты собственных исследований в сопоставлении с известными литературными данными;
- обучение умению оформлять результаты собственных исследований в виде публикаций, отчетов, докладов.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

2.1. Учебная дисциплина Б1.В.ОД.1 Химия высокомолекулярных соединений входит в вариативную часть междисциплинарного профессионального модуля ООП.

2.2. Данная программа строится на преемственности программ в системе высшего образования и предназначена для аспирантов ИрИХ СО РАН, прошедших обучение по программе подготовки магистров и специалистов, прослушавших соответствующие курсы и имеющих по ним положительные оценки. Она основывается на положениях, отраженных в учебных программах указанных уровней. Для освоения дисциплины «Химия высокомолекулярных соединений» требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

- Основы синтеза и химии мономеров;
- Физико-химические методы исследования высокомолекулярных соединений и полимерных композиционных материалов;
- Механизмы химических реакций;
- Теоретические основы органического синтеза;
- Органическая химия;
- Химия элементоорганических соединений;
- Основы стереохимии.

2.3. Освоение дисциплины «Химия высокомолекулярных соединений» необходимо при подготовке к государственной итоговой аттестации.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Химия высокомолекулярных соединений» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, профиль Высокомолекулярные соединения:

#### **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);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5)

#### **Общепрофессиональные компетенции:**

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук (ОПК-2);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-3).

#### **Профессиональные компетенции**

- углубленное знание современных методов химии высокомолекулярных соединений и умение применять их на практике (ПК-1);
- способность ставить и решать инновационные задачи в области методологических основ химии высокомолекулярных соединений, связанные с получением мономеров и полимеров, практическим применением, определением их строения и реакционной способности, умение работать с аппаратурой и приборами, предназначенными для исследований высокомолекулярных соединений (ПК-2);
- умение проводить анализ, самостоятельно ставить задачу исследования наиболее актуальных проблем, имеющих значение для химической отрасли, грамотно планировать эксперимент и осуществлять его на практике, владение базовыми представлениями о теоретических основах органической химии, механизмах органических реакций, стереохимии, химии элементоорганических соединений и органической химии (ПК-3);
- умение применять физико-химические методы исследования структуры высокомолекулярных соединений и полимерных композиционных материалов (ПК-4).

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны будут:

#### **Знать:**

- методы получения, химические свойства и практическое использование основных классов высокомолекулярных соединений;
- типовые методы синтеза полимеров, используемые реагенты и оборудование;
- механизмы основных полимеризационных процессов, подходы и методы изучения механизмов;
- влияние строения на реакционную способность высокомолекулярных соединений;
- физико-химические методы исследования строения высокомолекулярных соединений и полимеризационных процессов;
- современную периодическую литературу (журналы) и электронные базы данных в области химии высокомолекулярных соединений и методов поиска свойств и получения полимеров;

- роль и место химии высокомолекулярных соединений в системе фундаментальных химических наук и производстве современной инновационной продукции.

**Уметь:**

- выбирать методы и реагенты синтеза мономеров и полимеров;
- планировать полимеризационный процесс;
- проводить разделение смесей полученных высокомолекулярных соединений и идентификацию состава и строения с помощью химических и физико-химических методов анализа;
- осуществлять поиск методов получения и свойств высокомолекулярных соединений с использованием современных баз данных и поисковых систем.

**Иметь опыт:**

- планирования и проведения синтеза высокомолекулярных соединений;
- очистки полимеров и идентификации их строения с использованием химических и физико-химических методов;
- моделирования свойств веществ и параметров реакций с использованием квантово-химических методов;
- написания научных отчетов и статей.

#### 4. Структура и содержание учебной дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 часов).

##### 4.1. Структура дисциплины

№	Наименование дисциплины	Объем учебной работы, ч						Самост. работа	Вид итогового контроля
		Всего	Всего аудиторн.	Из аудиторных					
				Лекц.	Лаб.	Практ.	КСР		
1	Химия высокомолекулярных соединений	216	90	45	-	45	36	90	Экзамен

##### 4.2. Содержание дисциплины

###### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Наименование разделов и тем	Виды учебной работы и трудоемкость, ч						Формы текущего контроля успеваемости
		Всего	Лекц.	Лаб.	Практ.	СР	КСР	
<b>Раздел 1. Классификация и номенклатура полимеров</b>								
1	Классификация полимеров	10	2	-	2	4	2	Устный групповой опрос
2	Номенклатура полимеров	10	2	-	2	4	2	Устный групповой опрос
<b>Раздел 2. Синтез полимеров</b>								
3	Полимеризация.	9	2	-	2	4	1	Устный групповой опрос
4	Поликонденсация.	9	2	-	2	4	1	Устный групповой опрос, решение задач
<b>Раздел 3. Химические реакции полимеров</b>								
5	Реакции без изменения степени полимеризации.	14	3	-	3	6	2	Устный групповой опрос
6	Реакции, приводящие к изменению степени полимеризации	14	3	-	3	6	2	Устный групповой опрос

<b>Раздел 4. Макромолекулы и их поведение в растворах</b>								
7	Конфигурации и кон- фигурационная изме- рия макромолекулы.	14	3	-	3	6	2	Устный групповой опрос
8	Конформационная изомерия и конформа- ция макромолекулы.	14	3	-	3	6	2	Устный групповой опрос
9	Макромолекулы в рас- творах.	14	3	-	3	6	2	Устный групповой опрос
<b>Раздел 5. Полимерные тела.</b>								
10	Структура и основные физические свойства полимерных тел.	10	2	-	2	4	2	Устный групповой опрос
11	Свойства аморфных полимеров	10	2	-	2	4	2	Устный групповой опрос, решение задач
<b>Раздел 6. Нанополимеры</b>								
12	Свойства нанополиме- ров	10	2	-	2	4	2	Устный групповой опрос
13	Получение наномате- риалов	14	3	-	3	6	2	Устный групповой опрос
14	Применение нанопо- лимеров.	14	3	-	3	6	2	Устный групповой опрос
<b>Раздел 7. Полимерные материалы и изделия</b>								
15	Пластические массы	10	2	-	2	4	2	Устный групповой опрос
16	Эластомеры	10	2	-	2	4	2	Устный групповой опрос, решение задач
17	Пленки	10	2	-	2	4	2	Устный групповой опрос
18	Волокна	10	2	-	2	4	2	Устный групповой опрос
19	Растворы полимеров	10	2	-	2	4	2	Устный групповой опрос
<b>Всего часов:</b>		<b>216</b>	<b>45</b>	<b>-</b>	<b>45</b>	<b>90</b>	<b>36</b>	

#### 4.2.2 Содержание разделов и тем дисциплины

##### Раздел 1. Классификация и номенклатура полимеров

**Тема 1.** Классификация полимеров в зависимости от происхождения, химического состава и строения основной цепи, в зависимости от топологии макромолекул. Однотяжные и двухтяжные макромолекулы. Природные (волокна, каучук) и синтетические полимеры. Органические, элементоорганические и неорганические полимеры. Линейные, разветвленные, лестничные и сшитые полимеры, дендримеры. Гомополимеры, сополимеры, блок-сополимеры, привитые сополимеры. Гомоцепные и гетероцепные полимеры.

**Тема 2.** Номенклатура полимеров. Биополимеры, основные биологические функции белков рибонуклеиновой и дезоксирибонуклеиновой кислот. Краткая характеристика и области применения важнейших представителей различных классов полимеров.

##### Раздел 2. Синтез полимеров

**Тема 3.** Полимеризация. Радикальная полимеризация. Механизм радикальной полимеризации. Кинетика радикальной полимеризации. Факторы, влияющие на кинетику радикальной полимеризации. Определение скорости полимеризации. Определение скорости иницииро-

вания полимеризации. Катионная полимеризация. Кинетика катионной полимеризации. Координационная полимеризация. Цепная сополимеризация. Полимеризация в растворе. Анионная полимеризация. Кинетика анионной полимеризации. Суспензионная полимеризация. Эмульсионная полимеризация.

**Тема 4.** Поликонденсация. Кинетика поликонденсации. Способы проведения поликонденсации. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение при линейной поликонденсации. Кинетика поликонденсации: влияние концентрации мономеров, стехиометрии, температуры, катализатора, монофункциональных примесей, низкомолекулярного продукта реакции на предельную степень поликонденсации. Трехмерная поликонденсация, ее особенности. Способы проведения поликонденсации: в расплаве, растворе и на границе раздела фаз.

### **Раздел 3. Химические реакции полимеров**

**Тема 5.** Реакции без изменения степени полимеризации. Полимераналогичные превращения. Внутримолекулярные превращения. Особенности реакционной способности функциональных групп макромолекул.

Примеры использования полимераналогичных превращений и внутримолекулярных реакций для получения новых полимеров.

**Тема 6.** Реакции, приводящие к изменению степени полимеризации. Сшивание макромолекул. Отверждение. Блок- и привитая сополимеризация. Образование полиэлектролитных комплексов. Деструкция полимеров. Механизм цепной и случайной деструкции. Деполимеризация. Термоокислительная и фотохимическая деструкция. Механодеструкция. Принципы стабилизации полимеров.

### **Раздел 4. Макромолекулы и их поведение в растворах**

**Тема 7.** Конфигурации и конфигурационная изомерия макромолекулы. Конфигурации и конформации макромолекул.

**Тема 8.** Конформационная изомерия и конформация макромолекулы. Модели линейной полимерной цепи. Модель свободно-сочлененной цепи. Модель цепи со свободным вращением мономерных звеньев с сохранением валентного угла. Модель реальной цепи.

**Тема 9.** Макромолекулы в растворах

### **Раздел 5. Полимерные тела.**

**Тема 10.** Структура и основные физические свойства полимерных тел. Агрегатные и фазовые состояния полимеров. Особенности молекулярного строения полимеров и принципы упаковки макромолекул. Аморфные и кристаллические полимеры. Условия, необходимые для кристаллизации полимеров. Три физических состояния. Термомеханические кривые аморфных полимеров.

**Тема 11.** Свойства аморфных полимеров. Высокоэластическое состояние. Молекулярный механизм высокоэластических деформаций. Нижний предел молекулярных масс, необходимых для проявления высокоэластичности. Релаксационные явления в полимерах.

Стеклообразное состояние. Особенности полимерных стекол. Хрупкость полимеров.

Вязко-текучее состояние. Механизм вязкого течения. Кривые течения полимеров. Зависимость температуры вязкого течения от молекулярной массы. Формование изделий из полимеров в режиме вязкого течения.

### **Раздел 6. Нанополимеры**

**Тема 12.** Свойства нанополимеров. Удельный вес. Стойкость к коррозии. Термо- и электроизолирующие свойства.

**Тема 13.** Получение наноматериалов. Нанотехнологии в индустрии полимеров. Синтез полимеров. Механическое диспергирование. Микрокапсулирование полимерами. Напыление на полимеры. Золь-гель технологии.

**Тема 14.** Применение нанополимеров. Нанотехнологии в медицине. Наноматериаловедение. Наноприборостроение. Нанoeлектроника.

## **Раздел 7. Полимерные материалы и изделия**

**Тема 15.** Пластические массы. Свойства, применение

**Тема 16.** Эластомеры. Каучуки, резины.

**Тема 17.** Пленки. Пленки из природных, искусственных и синтетических полимеров.

Получение пленок и их применение.

**Тема 18.** Волокна. Химические и натуральные. Химические: искусственные и натуральные. Свойства волокон. Классификация.

**Тема 19.** Растворы полимеров. Использование.

## **5. Образовательные технологии**

Технология процесса обучения по дисциплине включает в себя следующие образовательные мероприятия:

а) аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);

б) самостоятельная работа аспирантов;

в) контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор).

В учебном процессе предусмотрено широкое использование активных и интерактивных форм проведения занятий (семинаров в диалоговом режиме, дискуссий, компьютерных симуляций, разбора конкретных ситуаций, групповых дискуссий) в сочетании с конкретной научно-исследовательской работой в области органической химии. Одной из основных активных форм обучения, связанных с ведением того вида (видов) деятельности, к которым готовится аспирант (научно-исследовательской и научно-педагогической), является семинар, к работе которого привлекаются ведущие исследователи и специалисты-практики, и являющийся основой корректировки индивидуальных учебных планов аспиранта. В рамках дисциплины предусмотрены встречи с российскими и зарубежными учеными.

Проверка приобретенных знаний, навыков и умений осуществляется посредством отчетов аспирантов на научных семинарах и индивидуальным обсуждением с руководителем.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов**

Виды самостоятельной работы:

в домашних условиях, в читальном зале библиотеки, на компьютерах с доступом к базам данных и ресурсам Интернет, в лабораториях с доступом к лабораторному оборудованию и приборам.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное и научное программное обеспечение, ресурсы Интернет.

## **7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

### **7.1. Текущий контроль**

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущий контроль знаний учащихся организован как устный групповой опрос (УГО).

Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта.

### Список вопросов для проведения текущего контроля и устного опроса обучающихся:

1. Полимерное состояние - как особая форма существования вещества. Важнейшие свойства полимерных веществ.
2. Современная теория макромолекулярного строения. Полимергомология. Полидисперсность. Полимераналогия. Разнозвенность.
3. Основные понятия и определения в химии ВМС: мономер, полимер, олигомер, макромолекула, элементарное звено, степень полимеризации и контурная длина цепи. Структурные единицы полимеров: макромолекула, сегмент Куна.
4. Роль усредненных характеристик при описании строения и свойств полимеров. Полимергомология. Средние молекулярные массы и степени полимеризации. Полидисперсность. Молекулярно-массовые распределения (ММР) полимеров.
5. Способы фракционирования полимеров: аналитические, препаративные. Необходимость фракционирования.
6. Полимергомология. Полидисперсность. Молекулярно-массовые распределения полимеров (интегральные, дифференциальные, уни- и полимодальные).
7. Полимергомология. Средние молекулярные массы и степени полимеризации. Способы определения молекулярных масс полимеров.
8. Конфигурация макромолекулы и конфигурационная изомерия. Стереои́зомерия и стереорегулярные макромолекулы. Особенности свойств стереорегулярных полимеров. Способы их получения.
9. Конформационная изомерия и конформация макромолекулы. Внутримолекулярное вращение и гибкость макромолекулы. Важнейшие конформации полимерных молекул.
10. Способы очистки и разделения полимеров. Методы исследования полимеров.
11. Классификация полимеров в зависимости от происхождения, способа получения, химического состава и пространственного строения звеньев и основной цепи, характера чередования звеньев, величины молекулярной массы, фазового и физического состояния, отношения к температуре.
12. Способы получения полимеров из мономеров: поликонденсация (ступенчатая полимеризация), полимеризация. Основные различия полимеризационных и поликонденсационных процессов.
13. Поликонденсация. Разновидности поликонденсации.
14. Поликонденсация. Основные стадии поликонденсации.
15. Сополиконденсация. Значение поликонденсации и новое в поликонденсации.
16. Полимеризация. Термодинамика полимеризации. Способы оценки термодинамических характеристик.
17. Полимеризационно-деполимеризационное равновесие. Максимальная температура полимеризации. Предельная температура полимеризации и ее зависимость от давления, концентрации мономера. Способы оценки предельной температуры полимеризации.
18. Классификация полимеризационных процессов в зависимости от механизма: радикальная, катионная, анионная, ионно-координационная.
19. Радикальная полимеризация. Способы инициирования, эффективность инициирования. Способы определения константы скорости инициирования, эффективности инициирования, порядка реакции по инициатору. Зависимость скорости полимеризации, выхода и молекулярной массы полимера от концентрации инициатора.
20. Радикальная полимеризация. Реакции передачи цепи. Теломеризация, типичные телогены, применение теломеризации. Константы передачи цепи и их оценка.
21. Радикальная полимеризация. Замедление и ингибирование, типичные замедлители и ингибиторы (механизм их действия).
22. Молекулярно-массовое распределение на начальной стадии и высоких степенях завершенности радикальной полимеризации («гель-эффект», передача цепи на полимер)
23. Радикальная сополимеризация. Виды сополимеров. Уравнения состава сополимера Майо-Льюиса и Файнмана-Росси. Типы сополимеризации: «идеальная», чередующаяся, блок-сополимеризация. Необходимость синтеза сополимеров. Значение сополимеризации.

24. Способы определения констант сополимеризации: экспериментальные (методы Майо-Льюиса и Файнмана-Росси), алгебраическое, теоретическое (Q-е схема Алфрея-Прайса).
25. Катионная полимеризация. Основные стадии катионной полимеризации.
26. Кинетика катионной полимеризации при отщеплении катализатора, реакций передачи цепи на мономер, специальный агент. Псевдокатионная полимеризация. Влияние различных факторов на скорость полимеризации, степень полимеризации, регулярность (стереорегулярность) и полидисперсность полимера, порядки реакции по реагентам.
27. Анионная полимеризация. Основные стадии анионной полимеризации.
28. Кинетика анионной полимеризации при передаче цепи на растворитель. Полимеризация по механизму «живых цепей». Влияние различных факторов на скорость полимеризации, степень полимеризации, регулярность (стереорегулярность), полидисперсность полимера, порядки реакции по реагентам.
29. Ионно-координационная полимеризация. Ионно-координационные катализаторы: примеры катализаторов, основные стадии, виды обрыва цепи, механизм катализа.
30. Кинетика ионно-координационной полимеризации. Области применения ионно-координационной полимеризации.
31. Способы проведения поликонденсации и полимеризации.
32. Макромолекулы в растворах. Существенные различия свойств разбавленных растворов полимеров и низкомолекулярных соединений. Критические температуры растворения. Гидродинамические свойства макромолекул в растворах.
33. Концентрированные растворы полимеров и гели. Тиксотропия. Неограниченное и ограниченное набухание. Жидкокристаллическое состояние жесткоцепных полимеров.
34. Полиэлектролиты: поликислоты, полиоснования, полиамфолиты. Ионизационное равновесие в водных растворах. Гидродинамические свойства полиэлектролитов. Ионообменные полимерные материалы.
35. Полиэлектролиты: полимер-олигомерные комплексы, химизм комплексообразования, устойчивость комплексов. Факторы, определяющие эффективность комплексообразования полимеров. Полимерный эффект, кооперативность. Методы изучения комплексообразования. Практическое значение комплексообразования (матричные реакции).
36. Модификация полимеров: классификация. Необходимость модификации полимеров.
37. Химическая модификация полимеров с уменьшением молекулярных масс полимеров.
38. Химическая модификация полимеров с увеличением молекулярных масс полимеров.
39. Физическая (структурная) модификация полимеров: пластификация и пластификаторы, наполнители, ориентирование, отжиг, армирование.
40. Старение полимеров. Усилители, ингибиторы старения. Долговечность полимерных материалов. Механизм разрушения полимеров.
41. Свойства аморфных полимеров. Три физических состояния. Термомеханические кривые. Температуры стеклования, хрупкости, текучести, размягчения: факторы, определяющие их величины. Значение физических состояний. Особенности механических свойств полимеров, находящихся в стеклообразном состоянии.
42. Свойства кристаллических полимеров. Надмолекулярные структуры полимеров: способы их оценки; факторы, определяющие их природу. Анизотропия механических свойств. Температура кристаллизации. Особенности механических свойств кристаллических полимеров.
43. Формование изделий из полимеров. Самозастекловывание. Основные принципы получения ориентированных полимерных волокон и пленок.
44. Нанополимеры. Свойства, применение.
45. Важнейшие полимеризационные полимеры: полиэтилен и его сополимеры, полипропилен, полистирол и его сополимеры, полибутadiен и его сополимеры, полиизопрен, полихлоропрен, поливинилацетат, полиэтиленоксид, повинихлорид, поливинилиденхлорид, поли(мет)акриловая кислоты и их эфиры, полиацетилен, полиакриламид, тефлон, полиакролеин, полиакрилонитрил, полисилоксан, капрон, полиизоцианаты, пластическая сера, полимерный фосфор.
46. Полимеры, полученные модификацией: поливиниловый спирт, резина, эбонит, нитрат (ацетат, ксантогенат) целлюлозы, целлулоид, медноаммиачное волокно, мерсеризованная цел-

люлоза, микрокристаллическая целлюлоза, карбоксиметилцеллюлоза, хитозан, черный ор-  
лон, хлорин, ионообменные смолы.

**Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их  
формирования в рамках текущего контроля успеваемости по дисциплине (модулю)**

Показатели	Критерии оценивания	Средства оценивания
<b>Знать:</b> методы получения, химические свойства и практическое использование основных классов высокомолекулярных соединений (УК 1,2, ОПК 1, ПК 1,2,3,4);	<i>низкий уровень:</i> имеет слабый уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями 35-40%	вопросы 10-46;
типичные методы синтеза полимеров, используемые реагенты и оборудование (УК 1,2, ОПК 1, ПК 1,2,3,4);	<i>средний уровень:</i> имеет хороший уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями 41-70%	вопросы 10-46;
механизмы основных полимеризационных процессов, подходы и методы изучения механизмов (УК 1,2, ОПК 1, ПК 1,2,3,4);	<i>высокий уровень:</i> имеет отличный уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями больше 71%	вопросы 11-16;
влияние строения на реакционную способность высокомолекулярных соединений (УК-1,2, ОПК 1, ПК 1,2,3,4);		вопросы 1-9;
физико-химические методы исследования строения высокомолекулярных соединений и полимеризационных процессов (УК 1,2, ОПК 1, ПК 3,4);		вопросы 2-8;
современную периодическую литературу (журналы) и электронные базы данных в области химии высокомолекулярных соединений и методов поиска свойств и получения полимеров (УК 1,2,3,4,5, ОПК 1,2,3, ПК 1,2,3,4);		вопросы 1-46;
роль и место химии высокомолекулярных соединений в системе фундаментальных химических наук и производстве современной инновационной продукции (УК 1,2,3,4,5, ОПК 1,2,3, ПК 1,2,3,4).		вопросы 1;
<b>Уметь:</b> выбирать методы и реагенты синтеза мономеров и полимеров (УК 1,2,3,5, ОПК 1,2,3, ПК 1,2,3,4);	<i>низкий уровень:</i> имеет слабый уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями 35-40%	вопросы 11-46;
планировать полимеризационный процесс (УК 1,2*,3,5, ОПК 1,2,3, ПК 1,2,3,4);	<i>средний уровень:</i> имеет хороший уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями 41-70%	вопросы 11-46;
проводить разделение смесей полученных высокомолекулярных соединений и идентификацию состава и строения с помощью химических и физико-химических методов анализа (УК 1, ОПК 1,2,3, ПК 1,2);	<i>высокий уровень:</i> имеет отличный уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями больше 71%	вопросы 1-8;
осуществлять поиск методов получения и свойств высокомолекулярных соединений с использованием современных баз данных и поисковых систем (УК 1,2,3,4,5, ОПК 1,2,3, ПК 1,2,3,4);		вопросы 11-46;

<b>Иметь опыт:</b> планирования и проведения синтеза высокомолекулярных соединений (УК 1,2, ОПК 1,2,3, ПК 1,2,3,4);	<i>низкий уровень:</i> имеет слабый уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями 35-40%	вопросы 11-46;
очистки полимеров и идентификации их строения с использованием химических и физико-химических методов (УК 1, ПК 1,2,3);	<i>средний уровень:</i> имеет хороший уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями 41-70%	вопросы 11-46;
моделирования свойств веществ и параметров реакций с использованием квантово-химических методов (УК 1, ОПК 1, ПК 4);	<i>высокий уровень:</i> имеет отличный уровень теоретической и профессиональной подготовки, степень владения компетенциями больше 71%	вопросы 2-8;
написания научных отчетов и статей (УК 1,2,3,4,5, ОПК 1,2,3, ПК 1,2,3,4).		вопросы 1-46;

\* Жирным шрифтом выделены показатели, соответствующие **высокому уровню** сформированности компетенции

### 7.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и завершает изучение дисциплины «Химия высокомолекулярных соединений». Форма аттестации – экзамен, тематика вопросов представлена в программе кандидатского экзамена.

### 7.3. Итоговая аттестация

Форма аттестации – кандидатский экзамен в устной форме.

Экзаменационный билет состоит из трех теоретических вопросов, тематика которых представлена в программе кандидатского экзамена.

#### Образцы билетов

#### Химия высокомолекулярных соединений

##### Билет 1

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

2. Конфигурация и конформация макромолекул. Основные модели полимерных цепей: свободносочлененная цепь, цепь с фиксированными углами. Гибкость полимерных цепей и ее характеристики. Термодинамическая и кинетическая гибкость макромолекул. Размеры и формы реальных цепных молекул и их экспериментальное определение.

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

##### Билет 2

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

2. Высокомолекулярные соединения в растворе. Характер взаимодействия в растворах полимеров. Термодинамика растворов полимеров. Гидродинамические свойства макромолекул в растворе. Диффузия макромолекул в растворе. Методы фракционирования полимеров. Растворы полиэлектролитов. Полимеры как матрицы для твердых электролитов.

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

##### Билет 3

1. Радикальная полимеризация и ее механизм. Кинетика радикальной полимеризации и уравнение скорости полимеризации. Ингибиторы и регуляторы радикальной полимеризации.

Способы проведения радикальной полимеризации: в массе, растворе, твердой фазе, в суспензиях. Эмульсионная полимеризация и ее особенности.

2. 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.

3. Флуоресцентный анализ полимеров.

Билет 4

1. Сополимеризация, ее механизм и основные закономерности. Уравнение состава сополимера. Константы сополимеризации и их физический смысл. Связь строения мономеров с их реакционной способностью.

2. 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.

3. Электронный и ядерный парамагнитный резонансы. Сущность методов, области применения в химии ВМС.

Билет 5

1. Ионная, катионная и анионная, полимеризация. Реакционная способность мономеров в ионных реакциях. Катализаторы и сокатализаторы. Механизмы процесса. Скорость процессов катионной и анионной полимеризации, влияние среды и температуры на кинетику и полидисперсность образующихся полимеров. Примеры образования «живых» полимерных цепей.

2. Основные свойства высокоэластического состояния полимеров. Сеточная теория высокоэластичности. Основное уравнение кинетической теории высокоэластичности. Термодинамика деформации эластомеров. Кристаллизация эластомеров при деформации.

3. Теплофизические методы, dilatометрия, дифференциальный термический анализ, калориметрические методы исследования полимеров.

Билет 6

1. 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. Вязкотекучее состояние и основы реологии полимеров.

3. Масс-спектрометрия. Сущность метода, применение при исследовании структуры полимеров.

Билет 7

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

2. Основные типы кристаллических структур макромолекул. Упаковка цепных молекул в кристаллах. Морфология кристаллических полимеров.

3. Рентгеноструктурный анализ полимеров. Изучение размеров и ориентации упорядоченных областей кристаллических полимеров.

Билет 8

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

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

3. Применение оптической и электронной микроскопии в изучении структуры полимеров.

#### Билет 9

1. Синтез мономеров и полисопряженных полимеров на их основе, химическое строение, молекулярная и надмолекулярная структура типичных полисопряженных полимеров: полиацетилена, полидиацетиленов, полианилинов, полифениленвиниленов, политиофенов, понятие об их электронной структуре.

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

3. Физико-механические методы и термомеханический метод исследования структуры полимеров.

#### Билет 10

1. 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.

2. Релаксационные явления в полимерах.

3. Неразрушающие методы исследования ПКМ.

#### Билет 11

1. Сшитые полимеры. Формирование трехмерных структур в процессе синтеза и химических превращений в макромолекулах. Сшитые жесткоцепные и эластичные полимеры. 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.

2. Физико-механические свойства полимеров. Деформационные свойства. Напряжение, деформация и упругость.

3. Электрофизические методы исследования свойств полимеров и ПКМ.

#### Билет 12

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

2. Электрические, оптические и магнитные свойства полимеров и ПКМ. Линейные и нелинейные эффекты в полимерах и полимерных композитах.

3. Транспортные методы для исследования полимеров. Обращенная и гель-проникающая хроматография.

#### Билет 13

1. Химическая модификация полимеров. Реакционная способность функциональных групп макромолекул и низкомолекулярных соединений. Эффекты цепи и соседней группы, конфигурационные и конформационные эффекты. Реакции замещения, реакции структурирования полимеров. Межмолекулярные реакции и образование трехмерных сеток. Реакции присоединения, отщепления и изомеризации.

2. Оптические свойства полимеров: коэффициент светопропускания, спектральный коэффициент пропускания, светостойкость, светорассеяние, показатель преломления и оптический коэффициент напряжения и оптическая нетермостойкость.

3. Полярография и другие электрохимические методы изучения структуры высокомолекулярных веществ.

#### Билет 14

1. Классификация полимерных композиционных материалов и полимерных нанокомпозитов. Методы получения полимерных композиционных материалов. Нанокомпозиты.

2. Нанокomпозиты. Наполнители с нанометровым размерoвым размерoм частиц. Структура и свойства нанокomпозитoв. Нанокomпозиты с новыми оптическими, электронными, магнитными, электрическими и другими функциями с применением углеродных нанотрубок, фуллеренов, металлов и оксидов металлов.

3. Электронный и ядерный парамагнитный резонансы. Сущность методов, области применения в химии ВМС.

#### Билет 15

1. Деструкция полимеров и композиционных материалов. Вторичная переработка полимеров и ПКМ, основные тенденции и современное состояние.

2. Понятие о применении полимеров и ПКМ в функциональных и интеллектуальных (smart) структурах. Термо- и фотохромные, химотронные, тензочувствительные и др. материалы для интеллектуальных структур.

3. Масс-спектрометрия. Сущность метода, применение при исследовании структуры полимеров.

#### Критерии оценивания ответа аспиранта

«Отлично»	Минимум 3 вопроса билета (из 3) имеют полные ответы. Содержание ответов свидетельствует об отличных знаниях выпускника и о его умении решать профессиональные задачи, соответствующие его будущей квалификации.
«Хорошо»	Минимум 2 вопроса билета (из 3) имеют полные ответы. Содержание ответов свидетельствует о хороших знаниях выпускника и о его умении решать профессиональные задачи, соответствующие его будущей квалификации
«Удовлетворительно»	Минимум 1 вопрос билета (из 3) имеет полный и правильный ответ, 2 вопроса раскрыты не полностью. Содержание ответов свидетельствует о недостаточных, но удовлетворительных знаниях выпускника и о его ограниченном умении решать профессиональные задачи.
«Неудовлетворительно»	Три вопроса билета (из трех) не имеют ответа. Содержание ответов свидетельствует об отсутствии знаний выпускника и о его неумении решать профессиональные задачи.

#### 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

##### Основная литература

1. Кленин, В. И. Высокомолекулярные соединения / В. И. Кленин, И. В. Федусенко. – М.: Лань, 2013. – 512 с.
2. Реутов, О. А. Органическая химия: В 4-х т. Т. 1 / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин – М.: Бинoм. Лаборатория знаний, 2014. – 567 с.
3. Реутов, О. А. Органическая химия: В 4-х т. Т. 2 / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин – М.: Бинoм. Лаборатория знаний, 2014. – 623 с.
4. Реутов, О. А. Органическая химия: В 4-х т. Т. 3 / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин – М.: Бинoм. Лаборатория знаний, 2014. – 544 с.
5. Реутов, О. А. Органическая химия: В 4-х т. Т. 4 / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин – М.: Бинoм. Лаборатория знаний, 2014. – 726 с.

##### Дополнительная литература

1. Афанасьев, Б. Н. Физическая химия / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. – М.: Лань, 2012. – 464 с.
2. Гонсалвес, К. Наноструктуры в биомедицине / К. Гонсалвес, К. Хальберштадт, К. Лоренсин, Л. Наир – М.: Бинoм. Лаборатория знаний, 2013. – 520 с.

3. Горшков, В. И. Основы физической химии / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 407 с.
4. Жауен, Ж. Биометаллоорганическая химия / Ж. Жауен. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 496 с.
5. Илиел, Э. Основы органической стереохимии / Э. Илиел. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 703 с.
6. Коваленко, Л. В. Биохимические основы химии биологически активных веществ: учебное пособие / Л. В. Коваленко. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014 – 229 с.
7. Лау, А. К. Нано- и биоконпозиты / А. К. Лау, Ф. Хусейн, Х. Лафди. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 392 с.
8. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы: учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 365 с.
9. Сильверстейн, Р. Спектрометрическая идентификация органических соединений / Р. Сильверстейн, Ф. Вебстер, Д. Кимл. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 557 с.
10. Смит, В. А. Основы современного органического синтеза. Учебное пособие / В. А. Смит, А. Д. Дильман. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 750 с.
11. Солдатенков, А. Т. Пестициды и регуляторы роста: прикладная органическая химия / А. Т. Солдатенков, Н. М. Колядина, А. Ле Туан. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 223 с.
12. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологии: учебное пособие / В. В. Старостин. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 431 с.
13. Травень, В. Ф. Органическая химия: учебное пособие для вузов: В 3-ех т. Т. 1 / В. Ф. Травень. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 368 с.
14. Травень, В. Ф. Органическая химия: учебное пособие для вузов: В 3-ех т. Т. 2 / В. Ф. Травень. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 517 с.
15. Травень, В. Ф. Органическая химия: учебное пособие для вузов: В 3-ех т. Т. 3 / В. Ф. Травень. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 388 с.
16. Хельвинкель, Д. Систематическая номенклатура органических соединений / Д. Хельвинкель. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 232 с.
17. Чернова, С. В. Фармацевтическая химия: учебник для вузов / С. В. Чернова; под ред. Г. В. Раменской. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 472 с.
18. Эльшенбройх, К. Металлоорганическая химия / К. Эльшенбройх. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. – 750 с.
19. Юровская, М. А. Химия ароматических гетероциклических соединений / М. А. Юровская. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 208 с.

#### **Электронные ресурсы**

1. Девятловская, А.Н. Органическая химия и высокомолекулярные соединения: сборник контрольных заданий для студентов специальности 250403.65 «Технология деревообработки» [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Н. Девятловская. — Электрон. дан. — Красноярск: СибГТУ, 2013. — 100 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/60620>. — Загл. с экрана.
2. Кленин, В.И. Высокомолекулярные соединения [Электронный ресурс]: учебник / В.И. Кленин, И.В. Федусенко. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 512 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5842>. — Загл. с экрана.
3. Котомин, С.В. Полимерные материалы и пластики — свойства и применение [Электронный ресурс]: методические указания / С.В. Котомин, О.И. Романко, Е.А. Якушева. — Электрон. дан. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. — 48 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103310>. — Загл. с экрана.
4. Михайлин, Ю.А. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Михайлин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: НОТ, 2011. — 416 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4291>. — Загл. с экрана.

5. Настольная книга терминов и понятий для специалистов полимерного направления: словарь терминов и понятий [Электронный ресурс]: словарь / И.Х. Гараев [и др.]. — Электрон. дан. — Казань : КНИТУ, 2016. — 408 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/102177>. — Загл. с экрана.
6. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов при освоении дисциплины «Высокомолекулярные соединения» [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / сост. Е.М. Березина, А.С. Кучевская. — Электрон. дан. — Томск: ТГУ, 2014. — 114 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/106166>. — Загл. с экрана.
7. Филимошкин, А.Г. Макромолекула. Основы физики полимерного тела и физической химии растворов полимеров [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Г. Филимошкин. — Электрон. дан. — Томск: ТГУ, 2011. — 200 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/44985>. — Загл. с экрана.
8. Шишенок, М.В. Высокомолекулярные соединения [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.В. Шишенок. — Электрон. дан. — Минск: "Вышэйшая школа", 2012. — 535 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/65688>. — Загл. с экрана.

### Интернет-ресурсы

- [Taylor & Francis](#) (журналы издательства)
- [American Chemical Society](#)
- [Thieme Chemistry](#)
- [Wiley Online Library](#)
- [Royal Society Chemistry](#)
- [Springer](#)
- [Sci Finder \(Chemical Abstracts Service\)](#)
- [Web of Science](#)
- [Реферативная база данных ГПНТБ СО РАН](#)
- [E-library](#)
- [ЭБС «Издательство «Лань»](#)

## 9. Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Для освоения программы обучения и для выполнения научно-исследовательских работ по теме диссертации каждому аспиранту предоставлено индивидуальное рабочее место, оборудованное приточно-вытяжной вентиляцией, водопроводом, водоотведением, воздуховодом. Аспиранты имеют возможность использовать материально-технические средства лабораторий, в которых выполняют квалификационные и диссертационные работы (оргтехника, реактивы, расходные материалы, лабораторная посуда, измерительное оборудование).

Основу материально-технической базы института составляют два цифровых мультитядерных Фурье-спектрометра ЯМР (DPX 400 и AVANCE 400), рентгеновский дифрактометр Bruker D8 ADVANCE, рентгеновский дифрактометр D2 PHASER, инфракрасный Фурье-спектрометр Vertex 70 с Раман приставкой, инфракрасный Фурье-спектрометр Excalibur HE 3100 Varian, микроанализатор Flash EA 1112 CHN-O/MAS 200, микроанализатор Termo Flash EA 2000 CHNS, ЭПР-спектрометр ELEXSYS E580, установка наносекундного импульсного фотолиза, хроматомасс-спектрометр QP-5050A, хроматомасс-спектрометр Agilent 5975 с химической ионизацией, тандемный TOF/TOF масс-спектрометр Ultra Flex, электронный микроскоп TM 3000 Hitachi, спектрофлуориметр FLPS920 Edinburg Instruments, УФ/ВИД-спектрометр LAMBDA 35 и диэлькометр.

Для проведения квантово-химических расчетов имеется вычислительный кластер 39Гц/112Гб/14Тб и необходимое программное обеспечение (GAUSSIAN, GAMESS, DALTON и DIRAC).

Автор-составитель рабочей программы учебной дисциплины:

 / Жуковцев В. Н. /