



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Химический факультет  
Кафедра теоретической и прикладной органической химии  
и полимеризационных процессов



УТВЕРЖДАЮ  
Декан химического факультета  
А.И. Вильмс  
«09» июня 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Наименование дисциплины (модуля): Б1.О.26. Высокмолекулярные соединения  
Направление подготовки: 04.03.01. Химия  
(код, наименование направления подготовки)  
Направленность (профиль) подготовки: Химия  
Квалификация выпускника: бакалавр  
Форма обучения: очная  
(очная, заочная (с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий),  
очно-заочная (с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий))

Согласовано с УМК химического  
факультета

Рекомендовано кафедрой  
теоретической и прикладной органической  
химии и полимеризационных процессов

Протокол № 05 от «09» июня 2023 г.

Протокол № 09 от «02» июня 2023 г.

Председатель А.И. Вильмс Вильмс А.И.

Зав. кафедрой Э.А. Эдельштейн Эдельштейн О.А.

Иркутск – 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

	<i>стр.</i>
I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО .....	3
III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов .....	5
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	6
4.3. Содержание разделов и тем дисциплины .....	6
4.3.1 Перечень практических занятий и лабораторных работ .....	12
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение самостоятельной работы студентов .....	13
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	14
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов).....	14
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	14
а) Основная литература.....	14
б) Дополнительная литература.....	15
в) Методическая литература.....	15
г) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы .....	15
VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	16
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	16
6.2. Программное обеспечение: .....	16
6.3. Технические и электронные средства: .....	17
VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	17
VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....	18
8.1. Оценочные средства текущего контроля: .....	18
8.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации .....	20

## I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цели:** дать химикам фундаментальные знания в области теории и практики химии и физики высокомолекулярных соединений.

**Задачи:**

- дать понятия о строении высокомолекулярных соединений;
- дать понятия о методах синтеза и модификации высокомолекулярных соединений;
- изучение физико-химических и физико-механических свойств высокомолекулярных соединений.

В результате изучения данной дисциплины студенты должны представления о макромолекулярном строении и вытекающих из этого особенностях свойств высокомолекулярных соединений. Иметь конкретные представления о методах синтеза, анализа и исследования различных свойств высокомолекулярных соединений.

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина «Высокомолекулярные соединения» относится к базовой (обязательной) части программы.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

№ п/п	Код дисциплины	Наименование предшествующих дисциплин
1	Б1.О.10	Математика
1	Б1.О.12	Механика и молекулярная физика
2	Б1.О.15	Общая химия. Химия неметаллов.
3	Б1.О.16	Металлическая связь. Химия металлов
4	Б1.О.19	Органическая химия
5	Б1.О.20	Органическая химия производных углеводородов
6	Б1.О.23	Физическая химия. Химическая термодинамика

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

Полученные знания, умения и навыки необходимы при дальнейшем изучении дисциплин: Б1.О.27 – «Химическая технология», Б1.О.30 – «Строение вещества», Б1.В.07 – «Биоорганическая химия», Б1.В.ДВ.01.02 - «Прикладная химия», Б1.В.ДВ.03.02 «Химия мономеров», Б1.В.ДВ.07.02 – «Современные методы полимерной химии», Б1.В.ДВ.04.01 – «Химия элементоорганических соединений». Знание этой дисциплины необходимо при дальнейшем обучении в магистратуре и аспирантуре, а также в сферах профессиональной деятельности: здравоохранение (синтез и контроль качества лекарственных препаратов), химия природного органического сырья (изучение состава и разработка способов переработки и практического использования продуктов из угля, нефти, природного газа) и др.

## III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций (элементов следующих компетенций) в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению 04.03.01 «Химия», профиль: теоретическая и прикладная химия.

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<p><b>ОПК-1</b> Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений</p>	<p>ОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии</p>	<p><b>Знает:</b> теоретические основы базовых химических дисциплин (неорганической, органической) и способы их использования при решении конкретных химических задач  <b>Умеет:</b> проводить первичный анализ результатов с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках химической науки</p>
<p><b>ОПК-2</b> Способен проводить с соблюдением норм ТБ химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием</p>	<p>ОПК-2.1 Работает с органическим веществом с соблюдением норм техники безопасности</p>	<p><b>Знает:</b> синтеза веществ различной природы; основные достоинства и недостатки различных методов исследования свойств веществ и материалов; правила и нормы техники безопасности при работе с химическими реактивами и физическими приборами  <b>Умеет:</b> проводить одно- и двухстадийные синтезы с использованием предлагаемых методик; работать на стандартном химическом оборудовании  <b>Владеет:</b> навыками работы с современными химическими приборами, приемами организации методики работ при решении поставленной задачи</p>
	<p>ОПК-2.2 Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик</p>	
<p><b>ОПК-4</b> Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач</p>	<p>ОПК-4.3 Интерпретирует результаты химических наблюдений с использованием физических законов и представлений</p>	<p><b>Знать:</b> теоретические основы химии и физики высокомолекулярных соединений с целью интерпретации полученных результатов  <b>Уметь:</b> использовать необходимые методы исследования полимерных систем, работать на стандартном химическом оборудовании</p>
<p><b>ОПК-6</b> Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в</p>	<p>ПК-6.1 Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке</p>	<p><b>Знает:</b> правила составления отчетов химических опытов;  <b>Умеет:</b> представлять результаты опытов согласно требованиям в данной области химии</p>

профессиональном сообществе	<b>Владеет:</b> навыками представления собственных результатов в информационной научно образовательной среде
-----------------------------	--

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа, в том числе 1.5 зачетных единиц, 63 часов на экзамен

Форма промежуточной аттестации: экзамен

#### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				Самостоятельная работа	
					Лекции	Лабораторные (практические занятия)	КСР	Консультации, контроль		
<b>Раздел 1. Классификация высокомолекулярных соединений</b>										
1	Общие сведения о высокомолекулярных соединениях	5			2	-			10	
2	Классификация полимеров и их важнейшие представители	5			2	4			10	
3	Структура и свойства макромолекул	6			2	6			10	Проверка отчетов ЛР, коллоквиум
4	Растворы полимеров	6			2	6			10	Проверка отчетов ЛР, коллоквиум
5	Полиэлектролиты	6			2	4			10	Проверка отчетов ЛР, коллоквиум
<b>Раздел 2. Химические свойства и синтез высокомолекулярных соединений</b>										
6	Структура и основные физические свойства полимерных тел	6			8	10	2		10	Проверка отчетов ЛР, коллоквиум
7	Синтез высокомолекулярных соединений	6			8	14	2		10	Проверка отчетов ЛР, коллоквиум
8	Химические свойства и превращения полимеров	6			8	16	2		24	Проверка отчетов ЛР, коллоквиум

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися					
					Лекции	Лабораторные (практические занятия)	КСР	Консультации, контроль		
	Промежуточная аттестация	6				4	10		экзамен	
<b>Итого часов</b>			<b>252</b>		<b>34</b>	<b>60</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>94</b>	<b>44</b>

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
6	Общие сведения о высокомолекулярных соединениях	Подготовка к семинарскому занятию по теме		10	Устное собеседование	Учебное пособие «Высокомолекулярные соединения».
6	Классификация полимеров и их важнейшие представители	Подготовка к семинарскому занятию по теме		10	Устное собеседование	Учебное пособие «Высокомолекулярные соединения».
6	Структура и свойства макромолекул	Подготовка отчета по ЛР «Вискозиметрия растворов полимеров»		10	Проверка отчета по ЛР. Коллоквиум	Практикум по высокомолекулярным соединениям
6	Растворы полимеров	Подготовка отчета по ЛР «Вискозиметрия растворов полимеров»		4	Проверка отчета по ЛР.	Практикум по высокомолекулярным соединениям
6	Растворы полимеров	Подготовка отчета по ЛР «Турбидиметрическое титрование растворов полимеров»		6	Проверка отчета по ЛР. Коллоквиум	Практикум по высокомолекулярным соединениям
6	Полиэлектролиты	Подготовка отчета по ЛР «Электрохимическое поведение полиэлектролитов»		10	Проверка отчета по работе. Коллоквиум	Практикум по высокомолекулярным соединениям

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
6	Структура и основные физические свойства полимерных тел	Подготовка отчета по ЛР «Термомеханические свойства полимеров»		10	Проверка отчета по ЛР. Коллоквиум	Практикум по высокомолекулярным соединениям
6	Синтез высокомолекулярных соединений	Подготовка отчета по ЛР «Радикальная полимеризация»		2	Проверка отчета по ЛР.	Практикум по высокомолекулярным соединениям
6	Синтез высокомолекулярных соединений	Подготовка отчета по ЛР «Радикальная сополимеризация»		2	Проверка отчета по ЛР. Коллоквиум	Практикум по высокомолекулярным соединениям
6	Синтез высокомолекулярных соединений	Подготовка отчета по ЛР «Катионная полимеризация»		4	Проверка отчета по ЛР. Коллоквиум	Практикум по высокомолекулярным соединениям
6	Синтез высокомолекулярных соединений	Подготовка отчета по ЛР «Поликонденсация»		2	Проверка отчета по ЛР.	Практикум по высокомолекулярным соединениям
6	Химические свойства и химические превращения полимеров	Подготовка отчета по ЛР «Модификация полимеров»		24	Проверка отчетов по ЛР. Коллоквиум	Практикум по высокомолекулярным соединениям
Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час)				<b>94</b>		
<b>Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для данной дисциплины (час)</b>				<b>94</b>		

### 4.3. Содержание разделов и тем дисциплины

Трудоемкость дисциплины (з.е.)	7
Наименование основных разделов (модулей)	<p><b>Раздел 1. Классификация высокомолекулярных соединений</b></p> <p><b>1. Общие сведения о высокомолекулярных соединениях</b></p> <p>Место науки о полимерах как самостоятельной фундаментальной области знания среди других фундаментальных химических наук. Ее роль в научно-техническом прогрессе и основные исторические этапы ее развития. Вклад русских ученых в зарождение и развитие науки о полимерах. Предмет и задачи науки о высокомолекулярных соединениях (полимерах). Роль полимеров в живой природе и их значение как промышленных материалов (пластмассы, волокна и пленки, покрытия).</p> <p>Основные понятия и определения: полимер, олигомер, соотношение понятий "полимеры" и "высокомолекулярные соединения". Макромолекула и ее химическое звено. Степень (коэффициент)</p>

полимеризации и контурная длина цепи. Критерии разграничения высокомолекулярных соединений и низкомолекулярных веществ. Переход от мономеров к полимерным цепям возрастающей длины. Полимерное состояние как особая форма существования веществ.

## **2. Классификация полимеров и их важнейшие представители**

Классификация полимеров в зависимости от происхождения, химического состава и строения звеньев и макромолекулярной цепи. Природные, синтетические и искусственные полимеры. Органические (элементоорганические) и неорганические полимеры. Гомоцепные и гетероцепные полимеры. Линейные, разветвленные и сшитые полимеры. Гомополимеры, сополимеры, блок- и привитые сополимеры. Основные представители. Способы получения. Свойства и области применения.

Карбоцепные полимеры. Полимеры и сополимеры моноолефинов и их производных: полиэтилен, полипропилен и их сополимеры, полистирол, поливинилхлорид, полимеры акрилового и метакрилового рядов. Полимеры и сополимеры диолефинов (диенов) и их производных: полибутадиен и его сополимеры, полиизопрен, полихлорпрен. Карбоциклические полимеры: фенолформальдегидные смолы, полифенилены, поли-*n*-ксилилен.

Карбогетероцепные полимеры. Полимеры, содержащие кислород в основной цепи: полиэферы простые (полиэтиленоксид), полиэферы сложные (полиэтилентерефталат, глифталевые смолы), полиацетали (полиоксиметилен, целлюлоза и ее производные).

Полимеры, содержащие азот в основной цепи: полиамиды (поликапролактан, полигексаметиленадипамид), полиуретаны, полипептиды, белки, понятие об их биологических функциях.

Полимеры, содержащие фосфор в основной цепи: нуклеиновые кислоты, понятие об их биологических функциях.

Полимеры, содержащие серу в основной цепи: простые политиоэферы, полисульфиды, полисульфоны.

Элементогетероцепные полимеры. Полисилоксаны (силоксановые каучуки и покрытия). Полифосфаты. Полифосфазены.

## **3. Структура и свойства макромолекул**

Конфигурационная изомерия и конфигурация макромолекулы. Локальные конфигурационные изомеры в макромолекулах полимеров монозамещенных этиленов и диенов. Стереорегулярные макромолекулы. Конформационная изомерия и конформация макромолекулы. Конформационные переходы в молекулах полиэтилена и монозамещенных полиэтиленов. Внутримолекулярное вращение и гибкость макромолекулы. Энергетические барьеры внутреннего вращения. Поворотные изомеры и гибкость реальных цепей. Среднее расстояние между концами цепи как характеристика, чувствительная к конформационному состоянию цепи. Модель свободно-сочлененной цепи и цепи с заторможенным вращением. Термодинамическая и кинетическая гибкость макромолекул. Связь между средними размерами идеализированного клубка и контурной длиной цепи. Понятие о статическом сегменте (сегмент Куна). Величина сегмента и параметра заторможенности вращения цепи, как эквивалентное выражение гибкости макромолекулы. Взаимосвязь химического строения макромолекул и их гибкости.



Важнейшие свойства высокомолекулярных соединений. Роль усредненных характеристик при описании строения и свойств полимеров. Молекулярно-массовые характеристики полимеров: усредненные молекулярные массы (средневесовая и среднечисловая ММ), понятие о функциях молекулярно-массового распределения (ММР).

## **Раздел 2. Химические свойства и синтез высокомолекулярных соединений**

### **4. Синтез полимеров**

Пути синтеза полимеров: полимеризация и поликонденсация. Понятие о цепном и ступенчатом механизмах роста цепи. Активные центры полимеризационного процесса. Влияние строения мономера на его склонность к полимеризации по определенному механизму.

Термодинамика полимеризации мономеров, содержащих кратные связи. Полимеризационно-деполимеризационное равновесие. Предельные температуры полимеризации и равновесные концентрации мономера.

Радикальная полимеризация. Инициирование радикальной полимеризации (способы возбуждения мономеров). Типы инициаторов. Реакции роста (понятие об идеальной радикальной реакционной способности) Реакции передачи цепи (на мономер, растворитель, полимер, специальные добавки). Ингибирование полимеризации. Кинетика радикальной полимеризации при малых степенях превращения. Понятие о квазистационарном состоянии. Средняя степень полимеризации. "Гель-эффект". Регулируемая псевдоживая радикальная полимеризация.

Радикальная сополимеризация. Уравнение состава сополимера для начальных стадий процесса. Константы сополимеризации, методы их определения. Диаграмма составов сополимеров. Понятие об относительной реакционной способности мономеров при радикальной сополимеризации. Роль полярных и пространственных факторов. Схема Алфрея-Прайса "Q-e". Сопolíмеры со случайным и регулярным чередованием звеньев.

Ионная полимеризация (отличия от радикальной полимеризации). Влияние строения мономера на его склонность к полимеризации по катионному или анионному механизмам. Катионная полимеризация (инициирование, рост и обрыв цепи). Кинетика катионной полимеризации. Влияние температуры на скорость катионной полимеризации и молекулярную массу полимера. Инициирование, рост и ограничение цепи при анионной полимеризации. Анионная полимеризация (инициирование, рост и обрыв цепи). Кинетика анионной полимеризации.

Стереорегулярная координационно-ионная полимеризация. Анионно-координационная полимеризация диенов. Координационно-ионная полимеризация на гетерогенных катализаторах Циглера-Натта.

Способы проведения полимеризации. Полимеризация в массе, растворе, суспензии, эмульсии.

Поликонденсация. Мономеры для поликонденсации. Основные различия полимеризационных и поликонденсационных процессов. Классификация реакций поликонденсации. Термодинамика поликонденсации и поликонденсационное равновесие. Влияние химической природы мономеров на равновесную степень превращения. Кинетика линейной

поликонденсации. Влияние концентрации мономера, температуры, катализатора на скорость поликонденсации.

Влияние концентрации мономера, эквивалентности концентраций функциональных групп, температуры, катализатора, примеси монофункциональных соединений, удаления низкомолекулярного вещества на молекулярную массу полимера (на предельную степень поликонденсации).

Особенности поликонденсации многофункциональных мономеров. Побочные реакции при поликонденсации: циклизация моно-, n-меров, деструкция мономеров и полимеров; обменные реакции между исходными веществами и макромолекулами.

Примеры важнейших поликонденсационных реакций. Способы проведения поликонденсации: в расплаве, в растворе, на границе раздела фаз.

### **5. Растворы полимеров**

Общее представление о растворах полимеров. Истинность полимерных растворов. Правило фаз и применение его к растворам полимеров. Фазовые диаграммы систем полимер – растворитель. Понятие о верхних и нижних критических температурах смешения. Особенности процесса растворения полимеров. Механизм набухания. Ограниченное и неограниченное набухание. Термодинамический критерий растворимости. Эндотермическое, экзотермическое и атермическое растворение полимеров.

Особенности термодинамического поведения макромолекул в растворе. Идеальные растворы (определение). Химический потенциал. Закон Рауля, закон Вант-Гоффа. Положительные и отрицательные отклонения от идеальности реальных растворов. Отклонения от идеальности в случае полимерных растворов. Осмотическое давление раствора полимера. Уравнение состояния полимера в растворе. Второй вириальный коэффициент. Факторы, влияющие на величину второго вириального коэффициента. Тэта-температура и тэта-растворитель (тэта-условия). Зависимость критической температуры смешения от молекулярной массы полимера. Определение тэта-температуры из фазовых диаграмм полимер-растворитель. Термодинамическое качество растворителя. Невозмущенные размеры Термодинамический сегмент как мера гибкости макромолекулы. Понятие о коэффициенте набухания.

Гидродинамические свойства макромолекул в растворах. Природа вязкости разбавленных растворов полимеров. Вязкостные аномалии в разбавленных растворах полимеров. Наибольшая и наименьшая ньютоновская вязкость. Уравнение Пуазейля. Абсолютная вязкость, единицы измерения вязкости. Относительная, удельная, приведенная и характеристическая вязкости. Определение характеристической вязкости (уравнение Хаггинса). Связь характеристической вязкости с молекулярной массой полимера (уравнение Марка-Куна-Хаувинка). Связь характеристической вязкости со средними размерами макромолекул (уравнение Флори-Фокса). Определение невозмущенных размеров макромолекул в тэта-условиях. Коэффициент набухания макромолекул. Влияние природы растворителя на вязкость разбавленных растворов полимеров и оценка степени полидисперсности полимеров. Вискозиметрия как метод определения средневязкостной молекулярной массы.

Фазовые равновесия в растворах полимеров и основы фракционирования полимеров. Методы определения молекулярно-массового распределения и фракционирования полимеров (фракционное осаждение, фракционное растворение, турбидиметрия, гель-проникающая хроматография).

Методы оценки средних молекулярных масс полимеров: среднечисловой и среднемассовой. Методы определения среднечисловой молекулярной массы: осмометрия, эбуллиоскопия. Методы определения среднемассовой молекулярной массы: светорассеяние.

### **5. Полиэлектролиты**

Общее представление о полиэлектролитах. Классификация полиэлектролитов. Поликислоты, полиоснования, полиамфолиты. Сильные и слабые полиэлектролиты. Общая характеристика свойств, отличие полиэлектролитов от низкомолекулярных электролитов и неионогенных полимеров. Термодинамические особенности полиэлектролитов.

Ионизационное равновесие в растворах полиэлектролитов. Понятие степени ионизации и константы диссоциации для низкомолекулярного и высокомолекулярного электролита. Определение константы диссоциации полиэлектролита по результатам потенциометрического титрования его раствора. Зависимость константы диссоциации от степени диссоциации для полиэлектролита. Конформационные превращения полиэлектролитов в растворах. Вторичная структура макромолекул природных и синтетических полиэлектролитов. Факторы, вызывающие конформационные превращения в растворах полиэлектролитов. Кооперативный характер конформационных переходов по данным потенциометрического титрования полиэлектролита (на примере полиметилметакриловой кислоты).

Гидродинамические свойства линейных полиэлектролитов в растворе. Зависимость вязкости раствора полиэлектролита от концентрации и величины рН раствора. Полиэлектролитное набухание. Влияние ионной силы на вязкость полиэлектролита в растворе.

Полиамфолиты синтетические и природные. Изоэлектрическая и изоионная точки полиамфолитов. Способы их определения. Конформационные превращения в молекулах полиамфолитов. Вязкостные свойства полиамфолитов в растворе.

Кооперативные реакции с участием полиэлектролитов.

### **6. Структура и основные физические свойства полимерных тел**

Агрегатные и фазовые состояния полимеров. Особенности ближнего и дальнего порядков в полимерных системах по сравнению с низкомолекулярными веществами.

Кристаллическое фазовое состояние полимеров. Условия, необходимые и достаточные для существования полимера в кристаллическом состоянии. Кристаллизация и плавление полимеров. Типы надмолекулярных структур закристаллизованных полимеров. Механические свойства кристаллических полимеров. Кривые напряжение-деформация кристаллических полимеров.

Аморфное фазовое состояние. Свойства аморфных полимеров. Три физических состояния. Термомеханические кривые (ТМК) аморфных полимеров. Температуры стеклования и текучести. Стеклообразное состояние полимеров. Механические свойства стеклообразных полимеров. Вынужденная эластичность. Температура хрупкости.

	<p>Высокоэластическое состояние. Кривые ползучести. Обратимая и необратимая деформация. Вязкотекучее состояние.</p> <p>Пластификация полимеров.</p> <p><b>8. Химические свойства и химические превращения полимеров</b></p> <p>Химические реакции полимеров, классификация. Особенности химических реакций с участием макромолекул. Специфические кинетические и термодинамические черты химических реакций с участием макромолекул, направленность реакций. Эффект цепного строения, "эффект соседа" (кинетические закономерности). Конформационные, концентрационные, электростатические.</p> <p>Химические реакции, не сопровождающиеся изменением степени полимеризации. Полимераналогичные превращения (получение новых полимеров, химическая модификация). Типы внутримолекулярных реакций: циклизация, с выделением низкомолекулярных продуктов, без образования и с образованием <math>\pi</math>-связей.</p> <p>Химические реакции, приводящие к увеличению степени полимеризации. Межмолекулярные реакции. Реакции сшивания. Вулканизация каучуков. Формирование полимерных изделий из реакционноспособных олигомеров. Привитые и блок-сополимеры.</p> <p>Химические реакции, приводящие к уменьшению степени полимеризации. Два типа механизмов реакции деструкции: случайный и цепной. Цепная деполимеризация. Деструкция полимеров под влиянием химических и физических воздействий: термическая и термоокислительная деструкция полимеров. Горение полимеров. Старение полимеров и способы предотвращения.</p>
Формы текущего контроля	устный опрос, проверка отчетов ЛР, коллоквиум
Форма промежуточной аттестации	Экзамен

#### 4.3.1 Перечень практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	Растворы полимеров	1. Оценка полидисперсности полимеров методом турбидиметрического титрования. 2. Определение молекулярной массы полимеров методом вискозиметрии. 3. Оценка полидисперсности полимеров методом вискозиметрии.	14	14	Устный опрос, коллоквиумы, отчеты	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4 ОПК-6
2	Полиэлектролиты	1. Определение констант диссоциации поликислот и их низкомолекулярных аналогов методом потенциометрического титрования. 2. Определение свободной энергии конформационного перехода полиметакриловой кислоты методом потенциометрического титрования.	14	14		

		3. Вискозиметрическое поведение полиэлектролитов в растворе				
3	Синтез полимеров	1. Исследование кинетики радикальной полимеризации стирола в массе (блоке). 2. Влияние природы растворителя на радикальную полимеризацию стирола. 3. Суспензионная полимеризация стирола (метилметакрилата). 4. Определение констант радикальной сополимеризации в системе стиро-метилметакрилат (стирол- акриловая кислота). 5. Катионная полимеризация винилбутилового эфира. 6. Исследование кинетики поликонденсации этиленгликоля с адипиновой кислотой (этиленгликоля с фталевым ангидридом).	16	16		
4	Химические свойства и химические превращения полимеров	1. Реакция термической деструкции поливинилхлорида. 2. Получение поливинилацетата этерификацией поливинилового спирта уксусным ангидридом. 3. Получение поливинилформала из поливинилового спирта.	16	16		

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение самостоятельной работы студентов

№	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	Общие сведения о высокомолекулярных соединениях	Выполнение практических заданий по теме «Основные понятия химии высокомолекулярных соединений»	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4 ОПК-6	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1
2	Классификация полимеров и их важнейшие представители	Выполнение практических заданий по теме «Классификация полимеров»	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4 ОПК-6	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1
3	Структура и свойства макромолекул	Выполнение практических заданий по теме «Структура и свойства макромолекул»	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4 ОПК-6	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1
4	Синтез полимеров	Подготовка отчета по лабораторным работам «Синтез полимеров»	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4 ОПК-6	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1

5	Растворы полимеров	Подготовка отчета по лабораторным работам «Растворы полимеров»	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4 ОПК-6	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1
6	Полиэлектролиты	Подготовка отчета по лабораторным работам «Полиэлектролиты»	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4 ОПК-6	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1
7	Структура и основные физические свойства полимерных тел	Выполнение практических заданий по теме «Структура и основные физические свойства полимерных тел»	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4 ОПК-6	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1
8	Химические свойства и химические превращения полимеров	Подготовка отчета по лабораторным работам «Химические свойства и химические превращения полимеров»	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4 ОПК-6	ОПК-1,2; ОПК-2.1; ОПК-2.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов, связанная с подготовкой отчетов по выполненным лабораторным работам, закреплением теоретического материала в виде подготовки к коллоквиумам, проводится во внеаудиторное время.

*Структура отчета по лабораторной работе:*

1. Цель работы.
2. Теоретическая и экспериментальная часть.
3. Выполнение расчетных в соответствии с методическими указаниями к каждой работе.
4. Вывод (на основе полученных результатов).

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ и обработке полученных экспериментальных данных по каждой лабораторной работе описаны в методических указаниях на выполнение лабораторных работ по практикуму «Высокомолекулярные соединения» /В.А.Круглова.- Иркутск: Изд. Иркутск. гос. ун-та, 2006. 52 с. и учебном пособии - Практикум по высокомолекулярным соединениям: учеб. пособие / под ред. В. А. Кабанова. - М. : Химия, 1985. - 224 с.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

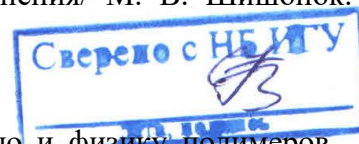
По данной дисциплине выполнение курсовых проектов (работ) не предусматривается.

### V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### а) Основная литература

1. Зезин А.Б. Высокомолекулярные соединения. Учебник и практикум для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 216. 340 с.

2. Киреев В. В. Высокомолекулярные соединения. учеб. для бакалавров : учеб. для студ. вузов, обуч. по направл. подгот. "Хим. технология". Год изд. 2013.
3. Шишонов М. В. Высокомолекулярные соединения/ М. В. Шишонов. -Минск: Высшая школа, 2012. -535 с.



**б) Дополнительная литература**

1. Семчиков Ю.Д., Зайцев С.Д. Введение в химию и физику полимеров. Нижний Новгород: изд-во ННГУ, 2007, 257 с.
2. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. 1-2 изд. - М.: Академия, 2005. 367 с.
3. Лейкин Ю.А. Физико-химические основы синтеза полимерных сорбентов Учебник. 2-е изд, исправ. (эл.) - Москва: Лань. Лаборатория знаний – 2011 – Режим доступа ЭБС «Издательство «Лань»

**в) Методическая литература**

1. Контролируемая "живая" радикальная полимеризация .метод. указ. Л.Я. Царик. Иркутск: ИГУ - 2008
2. Практическая полимерная химия в задачах .метод. указания В.А. Круглова, В.Н. Кижняев.- Иркутск: ИГУ - 2009
3. Практическая химия в задачах .метод. указ. В.А. Круглова. - Иркутск: ИГУ - 2009
4. Суспензионная и эмульсионная полимеризация .Метод. указ. Новиков, Л.Я. Царик. .- Иркутск: ИГУ - 2008
5. Трехмерная радикальная полимеризация и сополимеризация .метод. указания Л.Я. Царик, С Галаджев. - Иркутск: ИГУ - 2012
6. Высокомолекулярные соединения .Синтез и химические превращения. Метод. указ. по выполнению лаборат. работ. .- Иркутск: ИГУ - 2006
7. Царик Л.Я. Природные биологические полимеры – Иркутск: изд-во ИГУ- 2010

**г) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/vms.html>
2. <http://www.chem.msu.ru/rus/chair/vms/welcome.html>
3. <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/lachinov/welcome1.html>
4. <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/lachinov-basic/welcome.html>
5. <http://www.chem.msu.ru/rus/weldept.html#lib> (Библиотека Химического факультета МГУ им. Ломоносова)
6. <http://www.gpntb.ru/> (Государственная публичная научно-техническая библиотека)
7. [www.scirus.com](http://www.scirus.com) – поиск научной информации по журналам и web
8. [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) – научная электронная библиотека РФФИ

В соответствии с п. 4.3.4. ФГОС ВО, обучающимся в течение всего периода обучения обеспечен неограниченный доступ (удаленный доступ) к электронно-библиотечным системам:

1. Научная электронная библиотека «ELIBRARY.RU» [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>. - Контракт № 148 от 23.12.2020 г. Акт от 24.12.2020 г. срок действия по 31.12. 2021 г. доступ: <http://elibrary.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань». Контракт № 100 от 13.11.2020 г. Акт № 671 от 14.11.2020 г.; Срок действия по 13.11.2021 г. доступ: [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)
3. Контракт № 100 от 13.11.2020 г. Акт № Э 656 от 14.11.2020 г. ; Срок действия по 13.11.2021 г. доступ: [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)

4. ЭБС ЭЧЗ «Библиотех». Государственный контракт № 019 от 22.02.2011 г. ООО «Библиотех». Лицензионное соглашение к Государственному контракту № 019 от 22.02.2011. Адрес доступа: <https://isu.bibliotech.ru/> Срок действия: бессрочный.

5. ЭБС «Рукопт» Контракт № 98 от 13.11.2020 г.; Акт № 6К-5415 от 14.11.20 г. Срок действия по 13.11.2021г. доступ: <http://rucont.ru/>

6. ЭБС «Айбукс.ру/ibooks.ru» Контракт № 99 от 13.11.2020г.; Акт № 99А от 13.11.2020 г. Срок действия по 13.11.2021 г. доступа: <http://ibooks.ru>

7. ООО «Электронное издательство Юрайт». Контракт № 60 от 23.09.2020г. Акт приема-передачи № 3263 от 18.10.2020; Срок действия по 17.10. 2021 г. доступ: <https://urait.ru/> Лицензионный контракт № 04-Е-0258 от 20.09.2021г. Акт приема-передачи № 5684 от 18.10.2021; Срок действия по 17.10. 2022 г. доступ: <https://urait.ru/>

8. ООО «ИВИС», контракт № 157 от 25. 12.2020 г.; Акт от 25.12.2020 г. Срок действия с 01.01.2021 по 31.12.2021 г. доступ: <http://dlib.eastview.com>

9. ООО «ИД «Гребенников», контракт № 147 от 23. 11.2020 г.; Акт от 25.12.2020 г. Срок действия с 01.01.2021 по 31.12.2021 г. доступ: <http://grebennikon.ru>

## VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Помещения для проведения лекционных и лабораторных занятий, укомплектованные необходимым оборудованием, приборной базой и реактивами, а именно:

- аудитории, оснащенные мультимедийными средствами, для проведения аудиторных и практических занятий (ауд. 5, 6, 402, 423, 426);

- лабораторные практикумы (ауд. 410, 421) по высокомолекулярным соединениям, оснащенные следующим оборудованием:

№ п/п	Наименование	Количество
1	2	3
1	Вытяжной шкаф	6
2	Водоструйные вакуумные насосы	6
3	Мешалка с электроприводом	4
4	Магнитная мешалка	6
5	Рефрактометр ИРФ-22	2
6	Сушильный шкаф СНОЛ -3,5	3
7	Весы	4
8	Штативы	28
9	Термостат	6
10	Пиролизная печь	2
11	Набор химической посуды и реактивы	
12	Лабораторные столы	20
13	Письменные столы	18

### 6.2. Программное обеспечение:

№	Наименование Программного продукта	Кол-во	Обоснование для пользования ПО	Дата выдачи лицензии	Срок действия права пользования
1.	Microsoft Office Professional Plus 2007 Russian Academic OPEN No Level	12	Номер Лицензии Microsoft 46211164 Гос.контракт	01.12.2009	бессрочно



			№ 03-162-09 от 01.12.2009		
2.	Microsoft® Windows® Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN No Level Promo	12	Номер Лицензии Microsoft 46211164 Гос.контракт № 03-162-09 от 01.12.2009	01.12.2009	бессрочно
3.	OpenOffice 4.1.3	Условия правообладателя	Условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/licenses/PDL.html">https://www.openoffice.org/licenses/PDL.html</a>	Условия правообладателя	бессрочно

### 6.3. Технические и электронные средства:

Методической концепцией преподавания предусмотрено использование технических и электронных средств обучения и контроля знаний студентов: мультимедийные презентации.

## VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы данной дисциплины используются различные образовательные технологии

1.	Разноуровневое обучение	У преподавателя появляется возможность помогать слабому, уделять внимание сильному, реализуется желание сильных учащихся быстрее и глубже продвигаться в образовании. Сильные учащиеся утверждают в своих способностях, слабые получают возможность испытывать учебный успех, повышается уровень мотивации ученья.
2.	Проектные методы обучения	Работа по данной методике дает возможность развивать индивидуальные творческие способности учащихся, более осознанно подходить к профессиональному и социальному самоопределению
3.	Исследовательские методы в обучении	Дает возможность учащимся самостоятельно пополнять свои знания, глубоко вникать в изучаемую проблему и предполагать пути ее решения, что важно при формировании мировоззрения. Это важно для определения индивидуальной траектории развития каждого обучающегося
4.	Лекционно-семинарско-зачетная система	Данная система дает возможность сконцентрировать материал в блоки и преподнести его как единое целое, а контроль проводить по предварительной подготовке обучающихся
5.	Информационно-коммуникационные технологии	Изменение и неограниченное обогащение содержания образования, использование интегрированных курсов, доступ в ИНТЕРНЕТ.
6.	Система инновационной оценки «портфолио»	Формирование персонифицированного учета достижений обучающегося как инструмента педагогической поддержки социального самоопределения, определения траектории индивидуального развития личности

В процессе изучения дисциплины «Высокомолекулярные соединения» читаются лекции, проводятся семинары, лабораторные работы и коллоквиумы.

На лабораторных занятиях, которые составляют более половины (56%) от контактной работы, каждый студент выполняет лабораторную работу индивидуально. Такой вид

организации обучения способствует приобретению навыков самостоятельного ведения экспериментальных работ, навыков обращения и работы с различными химическими веществами и приборами, организации методики экспериментальных работ, а также составления протоколов отчетов химических экспериментов. Подготовка отчетов по лабораторным работам формирует умение проводить первичный анализ результатов с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках органической химии, и формулировать грамотно выводы.

В качестве интерактивных форм обучения, применяемым в процессе дисциплины «Высокомолекулярные соединения», проводятся коллоквиумы.

**Наименование тем занятий с использованием активных форм обучения:**

№	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	Кол-во часов
1.	Структура и свойства макромолекул	собеседование	коллоквиум	2
2.	Растворы полимеров. Полиэлектролиты	собеседование	коллоквиум	4
3.	Синтез полимеров	собеседование	коллоквиум	4
4.	Структура и основные физические свойства полимерных тел	собеседование	коллоквиум	4
5.	Химические свойства и химические превращения полимеров	собеседование	коллоквиум	4
				<b>18</b>

**VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

**8.1. Оценочные средства текущего контроля:**

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Выполнение лабораторных работ. Написание отчетов. Коллоквиум	Структура и свойства макромолекул	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4 ОПК-6
2	Выполнение лабораторных работ. Написание отчетов. Коллоквиум	Растворы полимеров. Полиэлектролиты	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4 ОПК-6
3	Выполнение лабораторных работ. Написание отчетов. Коллоквиум	Синтез полимеров	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4 ОПК-6
4	Выполнение лабораторных работ. Написание отчетов. Коллоквиум	Структура и основные физические свойства полимерных тел	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4 ОПК-6

5	Выполнение лабораторных работ. Написание отчетов. Коллоквиум	Химические свойства и химические превращения полимеров	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-4 ОПК-6
---	---	--	----------------------------------

## ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

Промежуточная аттестация (экзамен) может проводиться в форме устного собеседования или в виде тестовых заданий с открытыми вопросами.

### КОЛЛОКВИУМ 1

#### Структура и свойства макромолекул

- 1) Конфигурационная изомерия и конфигурация макромолекулы.
- 2) Конформационная изомерия и конформация макромолекулы.
- 3) Модель свободно-сочлененной цепи и цепи с заторможенным вращением.
- 4) Понятие о статическом сегменте (сегмент Куна). Взаимосвязь химического строения макромолекул и их гибкости.
- 5) Молекулярно-массовые характеристики полимеров: усредненные молекулярные массы, понятие о функциях молекулярно-массового распределения (ММР).

### КОЛЛОКВИУМ 2

#### Растворы полимеров. Полиэлектролиты

- 1) Фазовые диаграммы систем полимер – растворитель. Особенности процесса растворения полимеров.
- 2) Особенности термодинамического поведения макромолекул в растворе. Уравнение состояния полимера в растворе. Второй вириальный коэффициент.
- 3) Термодинамическое качество растворителя. Невозмущенные размеры макромолекул.
- 4) Гидродинамические свойства макромолекул в растворах. Вязкостные аномалии в разбавленных растворах полимеров.
- 5) Абсолютная, относительная, удельная, приведенная и характеристическая вязкости. Определение характеристической вязкости (уравнение Хаггинса).
- 6) Связь характеристической вязкости с молекулярной массой полимера (уравнение Марка-Куна-Хаувинка).
- 7) Влияние природы растворителя на вязкость разбавленных растворов полимеров и оценка степени полидисперсности полимеров.
- 8) Фазовые равновесия в растворах полимеров и основы фракционирования полимеров.
- 9) Методы оценки средних молекулярных масс полимеров: среднечисловой и среднемассовой. Методы определения молекулярной массы.
- 10) Общая характеристика свойств, отличие полиэлектролитов от низкомолекулярных электролитов и неионогенных полимеров.
- 11) Ионизационное равновесие в растворах полиэлектролитов.
- 12) Гидродинамические свойства линейных полиэлектролитов в растворе.
- 13) Полиамфолиты синтетические и природные.

### КОЛЛОКВИУМ 3

#### Синтез полимеров

- 1) Пути синтеза полимеров: полимеризация и поликонденсация.

- 2) Термодинамика полимеризации мономеров, содержащих кратные связи. Полимеризационно-деполимеризационное равновесие.
- 3) Радикальная полимеризация.
- 4) Радикальная сополимеризация. Схема Алфрея-Прайса "Q-e".
- 5) Катионная полимеризация.
- 6) Анионная полимеризация. Стереорегулярная координационно-ионная полимеризация.
- 7) Поликонденсация. Мономеры для поликонденсации. Основные различия полимеризационных и поликонденсационных процессов.
- 8) Побочные реакции при поликонденсации и приемы их устранения.

#### **КОЛЛОКВИУМ 4**

##### **Структура и основные физические свойства полимерных тел**

- 1) Агрегатные и фазовые состояния полимеров.
- 2) Кристаллическое фазовое состояние полимеров. Механические свойства кристаллических полимеров.
- 3) Аморфное фазовое состояние. Три физических состояния.
- 4) Стеклообразное состояние полимеров.
- 5) Высокоэластическое состояние.
- 6) Вязкотекучее состояние.
- 7) Пластификация полимеров.

#### **КОЛЛОКВИУМ 5**

##### **Химические свойства и химические превращения полимеров**

- 1) Химические реакции полимеров, классификация. Особенности химических реакций с участием макромолекул.
- 2) Химические реакции, не сопровождающиеся изменением степени полимеризации. Полимераналогичные превращения.
- 3) Химические реакции, приводящие к увеличению степени полимеризации.
- 4) Химические реакции, приводящие к уменьшению степени полимеризации. Два типа механизмов реакции деструкции: случайный и цепной.
- 5) Деструкция полимеров под влиянием химических и физических воздействий.
- 6) Старение полимеров и способы предотвращения.

### **8.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### **Примерный перечень вопросов и заданий к экзамену**

1. Роль полимеров в живой природе.
2. Значение полимеров как промышленных материалов.
3. Роль полисахаридов в живой природе. Примеры. Строение.
4. Роль полипептидов и белков в живой природе. Примеры. Строение.
5. Нуклеиновые кислоты. Строение. Биологические функции.
6. Принципы классификации полимеров и классификация по системе ИЮПАК.
7. Тривиальная, рациональная и систематическая номенклатура полимеров.
8. Природные неорганические полимеры.
9. Основные понятия и общие представления о полимерах. Макромолекула и ее химическое звено. Особенности молекулярного строения полимеров. Важнейшие отличительные свойства полимеров.

10. Важнейшие представители гомоцепных и гетероцепных полимеров и их применение в народном хозяйстве.
11. Конфигурация и конфигурационная изомерия макромолекул виниловых, винилиденовых и диеновых полимеров. Стереорегулярные полимеры. Оптически активные полимеры.
12. Конформация и конформационная изомерия макромолекул. Модель свободносочлененной гибкой макромолекулы. Средние радиусы гауссова клубка (среднее расстояние между концами цепи, средний радиус инерции и степень свернутости). Гауссово распределение макромолекул.
13. Модель цепи с фиксированными валентными углами и свободным вращением по связям. Природа упругости гибкой изолированной цепи.
14. Существование энергетических барьеров внутреннего вращения. Влияние заторможенности внутреннего вращения на средние размеры макромолекулы. Поворотнo-изомерное равновесие.
15. Количественное выражение гибкости макромолекулы. Понятие о статистическом сегменте. Термодинамическая, кинетическая гибкость макромолекул и факторы, ее определяющие. Упорядоченные конформации макромолекул (полипептиды, белки, ДНК, РНК).
16. Термодинамический, кинетический и механический методы оценки гибкости полимерных молекул в растворе, в твердом состоянии.
17. Молекулярно-массовые характеристики макромолекул. Понятие о средних молекулярных массах полимеров.
18. Молекулярно-массовое распределение, количественная оценка степени полидисперсности полимеров. Интегральная и дифференциальная функции ММР.
19. Полимеризация и поликонденсация – основные реакции синтеза полимеров, их принципиальные отличия. Примеры.
20. Классификация цепных полимеризационных процессов. Классы мономеров, вступающих в полимеризацию.
21. Полимеризационно-деполимеризационное равновесие. Предельная температура и равновесная концентрация мономера.
22. Радикальная полимеризация и ее элементарные стадии. Основные способы инициирования полимеризации. Мономеры, их характеристика.
23. Реакция роста и обрыва цепи в радикальной полимеризации. Передача цепи на мономер, растворитель, полимер и спец. добавки.. Ингибиторы полимеризации.
24. Кинетика радикальной полимеризации при малых степенях превращения. Вывод уравнения скорости полимеризации. Эффективная энергия активации и ее зависимость от способа инициирования. Особенности полимеризации на глубоких степенях превращениях.
25. Средняя длина кинетической и полимерной цепи. Зависимость среднечисловой степени полимеризации от механизма обрыва цепи в отсутствии передачи цепи.
26. Способы проведения и практическое значение радикальной полимеризации. Примеры полимеров.
27. Радикальная сополимеризация. Практическое значение сополимеров. Типы сополимеров. Дифференциальное уравнение состава сополимеров (вывод). Константы сополимеризации и их роль в управлении процессом.
28. Диаграммы составов сополимеров и типы реакций сополимеризации. Примеры. Экспериментальное определение констант сополимеризации.
29. Радикальная реакционная способность. Факторы, определяющие реакционную способность мономеров и радикалов. Правило антибатности.
30. Катионная полимеризация. Характеристика мономеров, полимеризующихся по катионному механизму. Катализаторы катионной полимеризации. Инициирование полимеризации. Примеры промышленных полимеров.

31. Рост цепи и природа активных центров в катионной полимеризации. Роль растворителя и катализатора в стадии роста цепи. Реакции ограничения роста цепи в катионной полимеризации.

32. Отличительные особенности катионной полимеризации по сравнению с радикальной.

33. Анионная полимеризация. Характеристика мономеров и катализаторов. Иницирование анионной полимеризации. Рост цепи и природа активных центров. Примеры промышленных полимеров.

34. Ограничения роста цепи в анионной полимеризации. Скорость и среднечисловая степень полимеризации. Условия протекания, особенности и практическое значение полимеризации по типу «живых» цепей.

35. Ионно-координационная полимеризация. Гетерогенные катализаторы Циглера-Натта. Механизм полимеризации (этилен, пропилен).

36. Поликонденсация (определение). Мономеры. Классификация и типы реакций поликонденсации и их примеры. Отличительные особенности поликонденсационных процессов в сравнении с полимеризационными.

37. Термодинамика и кинетика линейной равновесной поликонденсации (на примере реакции полиэтерификации).

38. Среднечисловая степень полимеризации, связь ее со степенью завершенности процесса поликонденсации. Уравнение Карозерса. Факторы, влияющие на молекулярную массу поликонденсационных полимеров.

39. Способы проведения поликонденсации. Примеры промышленных полимеров.

40. Химические свойства и превращения полимеров. Полимераналогичные превращения. Основные направления и конкретные примеры их использования.

41. Внутримолекулярные реакции полимеров как способ синтеза полимеров с новыми свойствами. Межмолекулярные реакции сшивания.

42. Химические превращения полимеров, протекающие с уменьшением степени полимеризации. Деструкция полимеров, ее основные типы и механизм.

43. Растворы полимеров и причины их изучения. Природа растворов ВМС. Доказательство термодинамической устойчивости растворов полимеров. Применимость правила фаз Гиббса, фазовые диаграммы.

44. Термодинамический критерий растворимости и наиболее характерные случаи для растворов полимеров. Особенности растворов полимеров. Набухание полимеров.

45. Термодинамика растворов полимеров. Теория Флори-Хаггинса. Вывод уравнения для  $\Delta S$  идеального раствора. Комбинаториальная энтропия смешения для растворов ВМС при атермическом растворении. Отклонение от идеальности и его причины.

46. Термодинамика растворов полимеров с учетом взаимодействия полимер-растворитель. Уравнение состояния полимера в растворе, его вывод. Второй вириальный коэффициент.

47. Критерии термодинамического качества растворителей. Влияние качества растворителя на форму макромолекул.  $\Theta$ -состояние раствора полимера и термодинамическое условие его существования.

48. Экспериментальные методы фракционирования полимеров.

49. Среднечисловая и среднемассовая молекулярные массы полимеров и экспериментальные методы их определения.

50. Гидродинамические свойства макромолекул в растворе. Влияние напряжения и скорости сдвига на вязкость. Вязкость разбавленных растворов полимеров.

51. Зависимость характеристической вязкости растворов полимеров от их молекулярной массы. Визкозиметрический метод определения молекулярной массы полимеров.

52. Влияние качества растворителя на характеристическую вязкость растворов полимеров и их визкозиметрическую молекулярную массу.

53. Определение невозмущенных размеров (вывод уравнения Флори-Фокса) и характеристик равновесной гибкости макромолекул из вискозиметрических данных.
54. Методы определения молекулярных масс полимеров.
55. Влияние качества растворителя на характеристическую вязкость растворов полимеров.
56. Уравнение Марка-Куна-Хаувинка и значение его параметров.
57. Уравнение Марка-Куна-Хаувинка для тэта-условий.
58. Коэффициент набухания макромолекул.
59. Полиэлектролиты, типы их классификации. Особенности поведения и гидродинамические свойства их растворов.
60. Особенности ионизационного равновесия в растворе слабых полиэлектролитов в сравнении с низкомолекулярными электролитами. Изменение свободной энергии при ионизации и конформационном переходе.
61. Концентрированные растворы полимеров. Зависимость вязкости от скорости сдвига. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Аномалия вязкости.
62. Тиксотропия и дилатансия. Зависимость вязкости растворов от концентрации.
63. Жидкокристаллические состояния полимеров. Лиотропные и термотропные жидкие кристаллы полимеров. Основные области применения полимеров в жидкокристаллическом состоянии.
64. Диаграмма фазового состояния полибензилглутамата.
65. Ароматические полиамиды,  $\alpha$ -спиральные полипептиды, ДНК и гребнеобразные полимеры как жесткоцепные ВМС, основной критерий перехода их в мезоморфное состояние.
66. Жидкокристаллическое упорядочение полимеров: полифосфазена, полидиэтилсилоксана и т.д.
67. Структура аморфных и кристаллических полимеров.
68. Три физических состояния аморфных полимеров.
69. Высокоэластическое состояние как релаксационный процесс.
70. Пластификация полимеров.
71. Механические свойства полимеров. Деформационные свойства полимеров.
72. Вынужденная эластичность и явления ориентации. Значение ориентации.
73. Прочность и долговечность полимеров.

### Программа оценивания контролируемых компетенций:

Тема или раздел дисциплины <sup>1</sup>	Код индикатора компетенции	Планируемый результат	Показатель	Критерий оценивания	Наименование ОС <sup>2</sup>	
					ТК <sup>3</sup>	ПА <sup>4</sup>
Раздел 1. Классификация высокомолекулярных соединений	ИДК ОПК-1.2 Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием	<b>Знает:</b> основные законы и закономерности, определяющие направление и результат протекания процессов в органических реакциях	<b>Знает:</b> основные законы и закономерности, определяющие направление и результат протекания процессов в органических реакциях	Владеет материалом, представленным в разделе. Вопросы для устного собеседования Отчет по лабораторным работам	УО, О	Зачет, экзамен

	ем теоретических основ традиционных и новых разделов химии	<b>Умеет:</b> проводить первичный анализ результатов с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках органической химии	<b>Умеет:</b> проводить первичный анализ результатов с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках органической химии			
		<b>Умеет:</b> грамотно формулировать выводы	<b>Умеет:</b> грамотно формулировать выводы			
Раздел 2. Химические свойства и синтез высокомолекулярных соединений	ИДК <small>ОПК-2.1</small> Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	<b>Знает:</b> правила и нормы техники безопасности при работе с химическими реактивами и физическими приборами	<b>Знает:</b> правила и нормы техники безопасности при работе с химическими реактивами и физическими приборами	Владеет материалом, представленным в разделе. Вопросы для устного собеседования Отчет по лабораторным работам	УО, О	
	ИДК <small>ОПК-2.3</small> Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе	<b>Умеет:</b> работать на стандартном аналитическом оборудовании: аналитических и технических весах, рефрактометре	<b>Умеет:</b> работать на стандартном аналитическом оборудовании: аналитических и технических весах, рефрактометре	Владеет материалом, представленным в разделе. Вопросы для устного собеседования Отчет по лабораторным работам	УО, О	
		<b>Владеет:</b> навыками работы с современными химическими приборами, приемами организации методики работ при решении поставленной задачи.	<b>Владеет:</b> навыками работы с современными химическими приборами, приемами организации методики работ при решении поставленной задачи.	Владеет материалом, представленным в разделе. Вопросы для устного собеседования Отчет по лабораторным работам	УО, О	
	ИДК <small>ОПК-6.1</small> Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке	<b>Знает:</b> правила составления протоколов отчетов химических опытов	<b>Знает:</b> правила составления протоколов отчетов химических опытов	Владеет материалом, представленным в разделе. Вопросы для устного собеседования Отчет по лабораторным работам	УО, О	
<b>Умеет:</b> представить результаты опытов и расчетных работ согласно требованиям в данной области химии.		<b>Умеет:</b> представить результаты опытов и расчетных работ согласно требованиям в	Владеет материалом, представленным в разделе. Вопросы для устного собеседования	УО, О		



			данной области химии.	Отчет по лабораторным работам		

У – устный опрос, Кл-коллоквиум, О-отчет по лабораторной работе, К- контрольная работа

### Характеристика ОС для обеспечения текущего контроля по дисциплине

Код индикатора компетенции	Планируемый результат	ОС <sup>2</sup>	Содержание задания <sup>3</sup> /вопроса и т.д.
ИДК опк-1.2 Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	<b>Знает:</b> основные законы и закономерности, определяющие направление и результат протекания процессов в органических реакциях	Собеседование. Выполнение практических работ.	Устные опросы Написание отчетов по лабораторным работам.
	<b>Умеет:</b> проводить первичный анализ результатов с учетом общих закономерностей, формулируемых в рамках органической химии	Собеседование. Выполнение практических работ. Оформление отчетов по лабораторным работам.	Устные опросы Написание отчетов по лабораторным работам.
	<b>Умеет:</b> грамотно формулировать выводы	Собеседование. Оформление отчетов по лабораторным работам.	Устные опросы Написание отчетов по лабораторным работам.
ИДК опк-2.1 Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	<b>Знает:</b> правила и нормы техники безопасности при работе с химическими реактивами и физическими приборами	Выполнение лабораторных работ.	Устные опросы Написание отчетов по лабораторным работам.
ИДК опк-2.3 Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе	<b>Умеет:</b> работать на стандартном аналитическом оборудовании: аналитических и технических весах, рефрактометре	Выполнение лабораторных работ.	Устные опросы Написание отчетов по лабораторным работам.
	<b>Владеет:</b> навыками работы с современными химическими приборами, приемами организации методики работ при решении поставленной задачи.	Собеседование. Выполнение лабораторных работ.	Устные опросы Написание отчетов по лабораторным работам.
ИДК опк-6.1 Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке	<b>Знает:</b> правила составления протоколов отчетов химических опытов <b>Умеет:</b> представить результаты опытов и расчетных работ согласно требованиям в данной области химии.	Выполнение лабораторных работ. Оформление отчетов по лабораторным работам.	Устные опросы Написание отчетов по лабораторным работам.

1. Студенту необходимо выполнить 5 лабораторных работ. При выполнении лабораторных работ оценивается техника выполнения, оформление отчетов, включающее расчеты заданного синтеза.

2. Предусмотрено 5 собеседований по теоретическому материалу в виде коллоквиумов.

Экзамен выставляется студенту, если: материал усвоен в полном объёме, ответил на вопросы текущего контроля, студент владеет необходимыми умениями и навыками, оформлены отчёты по всем лабораторным работам, выполнены задания по самостоятельной работе.

Лабораторная работа считается выполненной если:

1) предоставлен письменный отчет по лабораторной работе, выполненный по установленным требованиям;

2) присутствует запись о выполнении работы в журнале преподавателя или присутствует подпись преподавателя в протоколе выполнения работы студента. Во всех других случаях работа считается невыполненной. Ответственность за невыполнение установленного количества лабораторных работ полностью лежит на студенте.

Незачет ставится, если в усвоении материала имеются пробелы: отдельные умения недостаточно устойчивы, основное содержание материала не усвоено; не полностью выполнены лабораторные работы и не представлены отчёты по лабораторным работам.

### **Оценки для промежуточной аттестации**

#### **Оценка «неудовлетворительно»:**

фрагментарное знание предмета, отсутствие умений и навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач (менее 50 баллов).

#### **Оценка «удовлетворительно»:**

несистематизированные знания предмета, частично сформированные умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач (50-69 баллов).

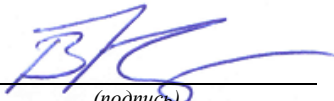
#### **Оценка «хорошо»:**

в целом, сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания предмета, умение применять методы и подходы изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач с минимальным количеством ошибок непринципиального характера, наличие навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач (70 - 85 баллов).

#### **Оценка «отлично»:**

сформированные и систематизированные знания предмета, сформированные умения и навыки применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных и практических задач (86-100 баллов).

### **Разработчики:**

  
(подпись)

д.х.н., профессор  
(занимаемая должность)

Кижняев В.Н.  
(инициалы, фамилия)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учетом рекомендаций ПООП по направлению подготовки.

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической и прикладной органической химии и полимеризационных процессов

Протокол № 09 от «02» июня 2023 г.

Зав. кафедрой



Эдельштейн О.А.

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы*