

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(ФГБОУ ВО «ВГУ»)**

## **УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
высокомолекулярных соединений и коллоидной химии  
Шестаков А.С.

Шестаков А.С.  
22.04.2024

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## **Б1.О.14 Высокомолекулярные соединения**

- 1. Код и наименование специальности:** 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
  - 2. Специализация:** фундаментальная химия в профессиональном образовании
  - 3. Квалификация (степень) выпускника:** Химик. Преподаватель химии
  - Форма обучения:** очная
  - 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра высокомолекулярных соединений и коллоидной химии
  - 6. Составители программы:** Шестаков Александр Станиславович, доктор химических наук, доцент
  - 7. Рекомендована:** научно-методическим советом химического факультета, протокол № 4 от 11.04.2024
  - 8. Учебный год:** 2027-2028

## **9. Цели и задачи учебной дисциплины**

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

- формирование системных знаний о физической природе полимерного состояния веществ,
- формирование системных знаний об общих закономерностях и особенностях образования полимеров, их свойствах и практическом использовании на основе научных достижений.

*Задачи учебной дисциплины:*

- обучение основным понятиям и представлениям о высокомолекулярных соединениях как веществах;
- изучение особенностей и общих закономерностей синтеза полимеров;
- изучение свойств высокомолекулярных соединений и свойств их растворов, а также выявления взаимосвязи структура-свойства;
- получение сведений о химических превращениях макромолекул и направлениях практического применения полимеров;
- формирование у студента способностей и навыков к проведению экспериментальных и теоретических работ;
- умению обобщать и анализировать полученную информацию и экспериментальные результаты.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** курс входит в блок Б1, обязательную часть. Студент для изучения курса должен освоить курсы органической, физической, аналитической химии. Студент должен иметь представления о термодинамике и кинетике, владеть математическим аппаратом химии, иметь представление об основных классах неорганических и органических веществ и их реакционной способности.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	ОПК-1.1	Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результатов расчетов свойств веществ и материалов	Знать: основы метрологии, материальную базу химического анализа, методологию постановки эксперимента Уметь: планировать эксперимент, проводить поиск справочной информации для постановки эксперимента и обработки экспериментальных данных, вести лабораторный журнал Владеть: приемами лабораторного синтеза и анализа, оформления полученных результатов
			Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	
		ОПК-1.3	Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных,	

			собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	
ОПК-2	Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности	ОПК-2.1	Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	Знать: основные методы исследования полимеров; химические, физико-химические и физические основы создания конструкционных и функциональных полимерных материалов; способы синтеза полимеров. Уметь: определять и рассчитывать размеры макромолекул; оценивать основные физико-механические параметры полимеров; оценивать состав конечного полимера после протекания химических реакций; рассчитывать степень сшивки полимерной сетки. Владеть: приемами регулирования реакций синтеза полимеров, изомерии и молекулярно-массовых характеристик конечного материала путем изменения концентраций компонентов, температуры, качества растворителя и т.д.; методами моделирования макромолекул и расчетными процедурами оценки их размеров; принципами направленной модификации химической структуры полимера для придания нужных свойств; методологией создания новых полимерных материалов.
		ОПК-2.2	Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности	
		ОПК-2.3	Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием современного научного оборудования	
ОПК-3	Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения	ОПК-3.1	Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности	Знать: современные экспериментальные методы исследования технологических процессов и природных сред; знать основы современных информационных технологий Уметь: уверенно работать в качестве пользователя персонального компьютера; использовать компьютерные средства и методы моделирования в научно-исследовательской работе Владеть: навыками, приемами и технологиями построения и анализа эмпирических моделей, основами организации экспериментальных исследований
		ОПК-3.2	Использует стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных при решении задач профессиональной деятельности	
ОПК-6	Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ОПК-6.1	Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке	Знать: основные нормы современного русского языка (орфографические, пунктуационные, грамматические, стилистические, орфоэпические) и систему функциональных стилей русского языка; Уметь: пользоваться основной справочной литературой, толковыми и нормативными словарями русского языка; основными сайтами поддержки грамотности в сети «Интернет» Владеть: навыками создания на русском языке грамотных и логически непротиворечивых письменных и устных текстов учебной и научной тематики реферативного характера, ориентированных на соответствующее направление
		ОПК-6.2	Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры	
		ОПК-6.3	Готовит презентацию по теме работы и представляет ее на русском и английском языках	

		ОПК-6.4	Представляет результаты работы в виде научной публикации (тезиса доклада, статья, обзор) на русском и английском языке	подготовки
--	--	---------	--	------------

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час – 13 / 468.

Форма промежуточной аттестации зачет с оценкой, экзамен.

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		7 семестр	8 семестр	...
Контактная работа	294	114	180	
в том числе:	лекции	110	38	72
	практические	36		36
	лабораторные	148	76	72
	курсовая работа			
Самостоятельная работа	66	30	36	
Промежуточная аттестация (для экзамена)	36		36	
Итого:	396	144	252	

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Основные понятия и определения. Представители полимеров. Классификация полимеров.	<p>Основные понятия и определения: полимер, олигомер, высокомолекулярное соединение, макромолекула, составное звено, составное повторяющееся звено, мономерное звено, степень полимеризации. Эволюция применения полимеров на практике. Основные представители винильных мономеров и соответствующие им полимеры. Требования к полимерным материалам.</p> <p>Классификация полимеров в зависимости от происхождения, химического состава, химической природы и строения основной цепи, в зависимости от топологии макромолекул. Однотяжные, двухтяжные, разветвленные и сшитые макромолекулы. Природные, синтетические и искусственные полимеры. Органические, элементоорганические и неорганические полимеры. Линейные, разветвленные, лестничные и сшитые полимеры, дендримеры. Гомополимеры, сополимеры (статистические, блок-, градиентные, привитые). Гомоцепные и гетероцепные полимеры.</p>	<p>ЭУМК «Высокомолекулярные соединения»</p> <p><a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2310">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2310</a></p>
1.2	Конфигурация и конформация полимеров. Влияние структуры на гибкость полимерной цепи.	Конфигурация макромолекулы и конфигурационная изомерия. Локальные изомеры в макромолекулах полимеров монозамещенных этиленов и диенов. Стереоизомерия и стереорегулярные мак-	

		<p>ромолекулы. Оптическая активность полимеров (полипропиленоксид, белки). Изотактические и синдиотактические полимеры. Цис-, транс- изомерия.</p> <p>Конформационная изомерия и конформация макромолекулы. Базовые виды конформации макромолекулы. Внутримолекулярное вращение и гибкость макромолекулы. Энергетические барьеры внутреннего вращения; понятие о природе тормозящего потенциала. Кинетическая и термодинамическая гибкость. Статистический сегмент (сегмент Куна), кинетический (механический) сегмент. Сегментальная подвижность. Среднеквадратичное расстояние между концами цепи, закон квадратного корня, радиус инерции. Свободно-сочлененная цепь как идеализированная модель гибкой макромолекулы. Функция распределения расстояний между концами свободносочлененной цепи (гауссовы клубки). Средние размеры макромолекулы с учетом постоянства валентных углов. Модель цепи с фиксированными валентными углами и заторможенным внутренним вращением. Поворотные изомеры и гибкость реальных цепей. Учет кооперативности внутреннего вращения. Контурная длина цепи. Степень свернутости.</p> <p>Связь гибкости (жесткости) макромолекул с их химическим строением (химическая структура основной цепи, природа атомов основной цепи, природа боковых звеньев). Персистентная длина цепи. Баланс гибкости и жесткости цепи (алифатические и ароматические полиамиды, полизиоцианаты).</p>
1.3	Молекулярно-массовые характеристики полимеров.	<p>Молекулярно-массовые характеристики полимеров. Среднечисловая, среднемассовая, средневязкостная молекулярные массы. Методы определения молекулярных масс. Эбулиоскопия, криоскопия, по концевым группам. Осмометрия (закон Вант-Гоффа, отклонения от него, второй вириальный коэффициент, термодинамическое качество растворителя, <math>\theta</math>-растворитель). Вискозиметрия (ламинарное течение раствора полимера, капиллярная вискозиметрия, зависимость приведенной вязкости от концентрации, уравнение Марка-Куна-Хаувинка). Светорассеяние (рэлеевское рассеяние, мутность, зависимость величины мутности от угла наблюдения). Эксклюзионная (гель-проникающая) хроматография. Фракционирование полимеров. Препартивное и аналитическое фракционирование. Турbidиметрическое титрование. Молекулярно-массовое распределение (интегральное, дифференциальное). Параметр полидисперсности.</p>
1.4	Физические и фазовые состояния полимеров	<p>Структура и основные физические свойства полимерных тел. Свойства аморфных полимеров. Три физических состояния (стеклообразное, высокоэластичное, вязкотекучее состояние). Термо-механические кривые (линейного, редкосшитого, густосшитого полимера). Влияние химической структуры на температуру стеклования. Пластификация, Представители пластификаторов (мягчителей). Внутриструктурная и межструктурная пластификация. Правила объемных и молярных долей. Вязкотекучее состояние полимеров. Течение жидкостей в соответствии с теорией Френкеля-Эйринга. Механизм течения полимерного расплава. Зависимость вязкости от молекулярной массы при</p>

		<p>образовании сетки зацеплений. Эффекты Вайсенберга и Баруса.</p> <p>Кристаллические полимеры. Условия, необходимые для кристаллизации полимеров (конфигурационный фактор, природа боковых групп, гибкость цепи). Структура и надмолекулярная организация кристаллических полимеров (ламели, сферолиты, фибриллы, глобулярные кристаллы). Термодинамические и кинетические критерии кристаллизации. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Зависимость свободной энергии зародыша от его размера. Температурные зависимости скорости зародышеобразования и роста кристаллов. Изотермы кристаллизации. Уравнение Колмогорова-Авраами. Температурные условия кристаллизации. Закалка. Холодная кристаллизация (изотактический полистирол).</p> <p>Дилатометрический анализ. Температурная зависимость удельного объема для низкомолекулярного кристалла и полукристаллического полимера. Температурные зависимости удельного объема полукристаллического полимера при нагреве и охлаждении. Зависимость температуры плавления от скорости нагрева. Факторы, определяющие экспериментальную температуру плавления (инструментальный, химическая структура, размер и дефектность кристаллита, молекулярная масса полимера). Физико-механическое поведение полукристаллических полимеров. Сравнение эксплуатационных характеристик полимеров в зависимости от соотношения температур плавления, текучести и эксплуатации. Рекристаллизация полукристаллического полимера под действием механической нагрузки (образование фибриллярной структуры).</p> <p>Жидкокристаллическое состояние. Каламитики, дискотики, санидики. Нематики, смектики, холестерики. Термотропные и лиотропные жидкые кристаллы. Переход Фредерикса. Жидкокристаллические (мезоморфные) полимеры. Типы макромолекул жидкокристаллических полимеров со стержневыми и дискообразными мезогенными группами. Жесткоцепные полимеры, образующие лиотропные жидкокристаллические растворы. Температурные условия существования различных типов мезофаз в жидкокристаллическом полимере. Использование жидкокристаллических полимеров для термооптической записи.</p>	
1.5	Общие вопросы синтеза полимеров	Синтез полимеров. Аспекты синтеза (химический, конфигурационный, молекулярномассовый, структурный). Классификация основных методов получения полимеров (цепная полимеризация, ступенчатый синтез). Термодинамика цепной полимеризации. Энтропийный фактор. Влияние строения мономера на тепловой эффект полимеризации. Понятие о полимеризационно-деполимеризационном равновесии. Равновесная концентрация мономера. Зависимость равновесной температуры полимеризации от концентрации мономера. Предельная температура полимеризации.	
1.6	Радикальная полимеризация	Радикальная полимеризация. Инициирование радикальной полимеризации. Вещественное (АИБН, ПБ, ПТБ, система Фентона, персульфат-тиосульфатная система, эффект Франка-Рабиновича, эффективность инициирования), фо-	

		<p>то- (фотосенсибилизаторы, пост-эффект), радио-, электрохимическое (анодное окисление) инициирование. Реакции роста цепи. Варианты присоединения мономера к растущей цепи («голова-хвост»). Полимеризация полиненасыщенных мономеров (1,2 и 1,4 – полидиены, сшитые полимеры, циклополимеризация). Реакции передачи цепи. Передача цепи на растворитель (теломеризация, теломеры), мономер (деградационный перенос, каталитическая передача), полимер (полиэтилен высокого давления, <math>\omega</math>-полимеризация), регуляторы (ингибиторы, замедлители, стопперы). Реакции обрыва цепи, рекомбинация, диспропорционирование. Рекационная способность мономеров и радикалов. Полимеризация при глубоких степенях превращений. Гель-эффект. Потенциальные барьеры стадий полимеризационного процесса.</p> <p>Кинетика радикальной полимеризации при малых степенях превращения. Понятие о квазистационарном состоянии. Зависимость скорости от концентраций мономера и инициатора. Вариативность зависимости скорости от концентрации инициатора.</p> <p>Контролируемая радикальная полимеризация. Принцип процесса. Специфические особенности контролируемой радикальной полимеризации. Зависимость степени полимеризации и параметра полидисперсности от конверсии. Различия между радикальной полимеризацией и контролируемой радикальной полимеризацией. ATRP (SET-LRP), SFRP, RAFT. Особенности, достоинства и недостатки «живущей» радикальной полимеризации. Применение контролируемой радикальной полимеризации в производстве материалов.</p> <p>Способы проведения полимеризации: в массе, в растворе (осадительная и лаковая), в суспензии, в эмульсии, в газовой фазе.</p> <p>Радикальная сополимеризация. Относительные реакционные способности мономеров и радикалов. Уравнение состава сополимеров (уравнение Майо-Льюиса). Диаграммы состава сополимеров, композиционная неоднородность. Влияние строения сомономеров на константы сополимеризации. Схема Q-e. Значение сопряжения и полярности мономеров на состав сополимера. Роль стерических факторов. Особенности <math>\alpha,\beta</math>-дизамещенных алканов.</p> <p>Комплексно-радикальная полимеризация. Образование донорно-акцепторных комплексов мономеров и радикалов роста, образование комплексов функциональных групп заместителей за счет водородных связей, образование комплексов функциональных групп с кислотами Льюиса. Влияние на константы сополимеризации.</p>	
2.1	Ионная полимеризация	<p>Катионная полимеризация. Характеристика мономеров, способных вступать в катионную полимеризацию (винильные мономеры, альдегиды, ТГФ, эпихлоргидрин). Инициирование процесса (кислоты Брёнстеда, кислоты Льюиса и сокатализаторы, радиация). Рост цепи (изобутилен, ТГФ, винилбутиловый эфир, капролактам). Передача цепи на мономер и противоион (изобутилен на <math>\text{BF}_3</math>). Обрыв цепи (полистирол на ТФУ, поливинилбутиловый эфир на <math>\text{BF}_3</math>). Влияние растворителя и температу-</p>	

		<p>ры на процесс полимеризации. Псевдокационная полимеризация. Кинетика катионной полимеризации. Зависимость скорости степени полимеризации от концентрации мономера.</p> <p>Анионная полимеризация. Характеристика мономеров, способных вступать в анионную полимеризацию. Катализаторы анионной полимеризации (бутилитий, натрий, амид калия). Рост цепи (вильные и диеновые мономеры, капролактам, формальдегид). Зависимость процесса от природы щелочного металла. Реакции переноса цепи (на мономер, противоион, растворитель). Реакции обрыва цепи (полимеризация винилхлорида, ПММА). Влияние растворителя на скорость полимеризации и структуру образующегося полимера. Кинетика анионной полимеризации. "Живые цепи", синтез блок-сополимеров.</p> <p>Координционно-ионная полимеризация в присутствии гомогенных и гетерогенных катализаторов типа Циглера - Натта. Монометаллическая модель (схемы Косси-Альмана и Бура). Биметаллическая модель. Принципы синтеза стереорегулярных полимеров.</p> <p>Новые методы синтеза полимеров. Металлоценовые и постметаллоценовые катализаторы в полимеризации олефинов, метатезисная и аддитивная полимеризация.</p>	
2.2	Ступенчатая полимеризация	<p>Ступенчатая полимеризация. Типы реакций поликонденсации. Основные различия полимерационных и поликонденсационных процессов. Фенольформальдегидные смолы, полиэтилентерефталат, полиоксибутират, поликарбонат, найлон-6,6, капрон, кевлар, полиуретаны, глифталевые и пентафталевые лаки, эпоксидные смолы, полиэтиленгликоль, полибензимидазол, полииимида, полисилоксаны, полифениленсульфид. Равновесная и неравновесная поликонденсация. Зависимость степени полимеризации от константы равновесия и степени превращения. Кинетика поликонденсации. Молекулярно-массовое распределение при поликонденсации. Побочные реакции (циклизация, обменные реакции). Поликонденсация при избытке функциональных групп одного типа. Проведение поликонденсации в расплаве, в растворе, в эмульсии, твердой фазе и на границе раздела фаз.</p> <p>Дендримеры. Мономеры для синтеза дендримеров. Ступенчатый контролируемый синтез. Дивергентная и конвергентная схемы синтеза. Одностадийный синтез дендримеров. Линейно-дендритные гибридные молекулы. Применение дендримеров.</p>	
2.3	Химические реакции полимеров	<p>Химические реакции, не приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул: полимераналогичные и внутримолекулярные превращения. Особенности реакционной способности функциональных групп макромолекул. Нитроцеллюлоза, ацетилцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза, целлофан, вискоза, хитозан, поливиниловый спирт, поливиниламин, поливинилбутираль, полигидроксиметилен, Хлорированные полиэтилен и полизопрен. Хайпалон. Введение функциональных групп в неполярные полимеры. Внутримолекулярные превращения. Поливинилен, реакции внутримолекулярной циклизации, «черный орлон».</p> <p>Примеры использования полимераналогичных</p>	

		<p>превращений и внутримолекулярных реакций для получения новых полимеров. Особенности полимераналогичных превращений (эффект цепи, эффект соседа, конфигурационный, конформационный, концентрационный, кооперативный, электростатический, надмолекулярный эффекты).</p> <p>Химические реакции, приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул. Сшивание полимеров. Серная вулканизация (ионный и радикальный механизм), бессерная вулканизация, сшивание эластомеров, высыхание красок, отверждение эпоксидных смол, дубление. Графт-сополимеры: синтез и особенности. Свойства графт-сополимеров в зависимости от способа выделения из раствора.</p> <p>Деструкция полимеров. Деполимеризация (полиметилметакрилат, полизопрен, полиоксиметилен), цепной механизм. Термическая деструкция по закону случая. Механизм цепной и случайной деструкции. Деструкция поливинилхлорида. Термоокислительная деструкция. Ингибиторы свободнорадикальных реакций. Озонное старение. Фотодеструкция, радиационная деструкция. Гидролитическая деструкция. Механодеструкция. Биологическая деструкция.</p>	
2.4	Механика полимеров	<p>Природа упругости полимеров. Закон Гука. Зависимость напряжения от деформации для металлов и эластомеров. Термодинамические составляющие упругой силы. Упругость идеального клубка. Эффект Гуха-Джоуля. Упруговязкие полимерные тела, модель Максвелла, время релаксации. Понятие о теории рептаций. Вязкоупругие полимерные тела, модель Кельвина-Фойгта. Время запаздывания. Зависимость деформации от времени для эластомеров при разных температурах. Зависимость деформации от частоты знакопеременных нагрузок и температуры. Принцип температурно-временной суперпозиции. Релаксация деформации (ползучесть). Упругий гистерезис. Синусоиды напряжения и деформации для вязкоупругого тела при циклических испытаниях. Тангенс угла механических потерь. Его зависимость от частоты воздействия и температуры.</p> <p>Деформационные свойства полимеров. Вынужденная эластичность. Зависимость предела вынужденной эластичности от температуры. Температура хрупкости. Влияние молекулярной массы на температуру хрупкости.</p> <p>Долговечность полимерных материалов. Теория хрупкого разрушения Гриффитса. Зависимость логарифма долговечности от напряжения и температуры. Термокинетическая теория разрушения Журкова. Факторы, определяющие прочность полимеров. Смысл структурно-чувствительного параметра <math>\gamma</math>. Природа разрывающихся связей. Термофлуктуационный характер разрушения. Механизм разрушения полимеров. Наполнители.</p>	
2.5	Растворы полимеров	<p>Макромолекулы в растворах. Энталпия смешения. Плотность энергии когезии. Параметр растворимости Гильдебранда. Параметр Хаггинса. Энтропия смешения. Теория Флори-Хаггинса. Зависимость энергии Гиббса растворения от объемных долей полимера и растворителя.</p> <p>Фазовые диаграммы систем полимер-</p>	

		<p>растворитель. ВКТР, НКТР, бинодаль. Термодинамические критерии возникновения критических температур растворения. Зависимость значений от молекулярной массы полимера. Гели (студни). Гели I и II типа. Синерезис.</p> <p>Ионизующиеся макромолекулы (полиэлектролиты). Химические и физико-химические особенности поведения ионизирующихся макромолекул (поликислот, полиоснований и их солей). Количественные характеристики силы поликислот и полиоснований (взаимосвязь РК и а, влияние конфигурации). Вязкость растворов полиэлектролитов, зависимость от pH. Полиэлектролитное набухание. Амфотерные полиэлектролиты. Изоэлектрическая точка. Эффект Доннана.</p>	
2.6	Методы исследования полимеров	<p>Методы исследования полимеров. Термогравиметрия. Деривативная термогравиметрия. Характеристические точки термогравиметрической кривой. Устройство термовесов. Дифференциальный термический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия. Характерные кривые ДТА и ДСК. Физические и химические процессы, наблюдаемые методами ДТА и ДСК.</p> <p>Методы исследования полимеров. Пиролитическая газовая хроматография. Типы пиролизаторов (камерного типа, филаментного типа, лазерный пиролиз). Задачи, решаемые методом пиролитической газовой хроматографии. Обращенная газовая хроматография. Диаграмма удерживания для поликристаллического полимера. Полимерные параметры, определяемые методом обращенной газовой хроматографии.</p> <p>Методы исследования полимеров. Гидродинамическая хроматография. Принцип разделения частиц в хроматографической колонке. Объекты исследования. Проточное фракционирование в по-перечном поле. Принцип разделения. Стерическое ПФП. Фракционирование в асимметричных потоках. Фракционирование в поле центробежных сил. Фракционирование макромолекул в термическом поле. Электроосмос. Капиллярный электрофорез. Фракционирование белков методом капиллярного электрофореза.</p>	

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практиче-ские	Лаборатор-ные	Самостоятельная работа	Всего
1	Основные понятия и определения. Представители полимеров. Классификация полимеров.	4	0	0	2	6
2	Конформация макромолекулы и конформационная изомерия.	4	0	0	2	6
3	Конформационная изомерия и конформация макромолекулы.	6	0	0	2	6
4	Структура и основные физические свойства полимерных тел.	4	0	0	2	6
5	Кристаллические полимеры.	6	0	0	4	10
6	Жидкокристаллические полимеры	2	0	0	2	4
7	Общие вопросы синтеза полимеров	2	0	0	4	6
8	Радикальная полимеризация.	6	0	0	4	10

	Стадии процесса, кинетика.					
9	Контролируемая радикальная полимеризация.	2	0	4	6	12
10	Радикальная сополимеризация.	4	0	26	2	38
11	Катионная полимеризация.	4	2	0	4	10
12	Анионная полимеризация.	8	4	0	8	20
13	Координационно-ионная полимеризация.	4	4	0	4	12
14	Ступенчатая полимеризация	4	4	28	8	44
15	Химические реакции, не приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул. Полимераналогичные превращения.	4	4	0	6	14
16	Химические реакции, приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул.	4	4	0	8	16
17	Деструкция полимеров.	8	4	26	8	46
18	Упругость полимеров.	6	2	0	4	12
19	Деформационные свойства полимеров. Долговечность полимерных материалов.	8	2	26	6	42
20	Макромолекулы в растворах.	6	2	14	6	28
21	Полиэлектролиты.	8	2	20	8	38
22	Методы исследования полимеров	6	2	0	6	14
	Итого:	110	36	144	106	432

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В учебном процессе используются следующие формы работы:

- проведение лекций,
- проведение лабораторных работ,
- занятия в интерактивной форме (дискуссии),
- внеаудиторная самостоятельная работа студентов.

Организационная структура лекционного занятия:

1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса.
2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы.
3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах.
4. Заключение, формулировка выводов.
5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

Организационная структура лабораторного занятия:

1. Формулировка целей занятия и ответы на вопросы студентов.
2. Ознакомление с теоретической основой работы, основными приемами и техникой безопасности при работе с используемыми приборами и реагентами.
3. Выполнение экспериментальной части работы.
4. Обработка экспериментальных результатов и предоставление их для предварительной проверки преподавателю.

Защита лабораторной работы проводится с целью выявления уровня освоения материала по тематике работы, способности дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы. Защита работы заключается в оформлении работ, устной беседе преподавателя со студентом по полученным в работе результатам и основным теоретическим понятиям по теме работы.

Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, входного контроля (в виде контрольной работы).

Контроль освоения теоретического материала проводится после прослушивания студентами лекционного материала по каждой теме в виде коллоквиума и выполнения домашних заданий. Выполнение домашних заданий контролирует лектор. Еженедельно студенты имеют возможность выяснить все вопросы, освоение которых вызывает трудности, на консультациях с лектором в специально отведенные для этого контактные часы.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или “МООК ВГУ” (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

## **15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины**

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Высокомолекулярные соединения : учебник и практикум для академического бакалавриата / [М.С. Аржаков и др.] ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова ; под ред. А.Б. Зезина . – Москва : Юрайт, 2018 . – 339 с.
2	Семчиков Ю.Д. Введение в химию полимеров/ Ю.Д.Семчиков, С.Ф. Жильцов, С.Д. Зайцев. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар: Лань, 2012. – 222 с.
3	Семчиков Ю. Д. Высокомолекулярные соединения / Ю. Д. Семчиков. - М.: Академия, 2008. - 368с.
4	Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения : учебник для академического бакалавриата: в 2 ч. / В.В. Киреев .— Москва : Юрайт, 2016 .

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Тагер А. А. Физикохимия полимеров / А. А. Тагер. - М.: Химия, 2007. - 544с.
6	Говарикер В. Р. Полимеры / В. Р. Говарикер, Н. В. Висванатхан, Дж. Шридхар. - М.: Иностр. лит., 1990. – 396 с.
7	Кабанов В. А. Комплексно-радикальная полимеризация/В. А. Кабанов, В. П. Зубов, Ю. Д. Семчиков. - М.: Наука, 1987. – 256 с.
8	Шур А. М. Высокомолекулярные соединения/А. М. Шур. - М.: Высш. шк., 1981. – 656 с.
9	Платэ Н. А. Физиологически активные полимеры/Н. А. Платэ, А. Е. Васильев. - М.: Химия, 1986. - 296 с.
10	Кирш Ю. Э. Поли-N-винилпирролидон и другое поли-N-виниламиды/Ю. Э. Кирш. - М.: Наука, 1998.-252 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
11	"Университетская библиотека online", <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
12	Электронно-библиотечная система "Консультант студента", <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>
13	<a href="https://www.lib.vsu.ru">https://www.lib.vsu.ru</a> - Зональная научная библиотека ВГУ.
14	<a href="http://www.en.edu.ru/">http://www.en.edu.ru/</a> - Естественно-научный образовательный портал - является составной частью федерального портала "Российское образование". Содержит ресурсы и ссылки на ресурсы по естественно-научным дисциплинам (физика, химия и биология).
15	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a> - информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».
16	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a> –Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн. научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 1400 российских научно-технических журналов, в том числе более 500 журналов в открытом доступе.
17	ЭУМК «Высокомолекулярные соединения» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2310">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2310</a>

## **16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

№ п/п	Источник
1	Кузнецов В.А. Практикум по высокомолекулярным соединениям / В.А. Кузнецов. - Воро-

	неж: Изд.дом ВГУ, 2014. - 166 с.
2	Высокомолекулярные соединения: методические указания / сост.: А. С. Шестаков и др. – Воронеж : ВГУ, 2015. – 36 с.
3	Инструкция по технике безопасности при работе в лаборатории с применением химических веществ. Воронеж : ВГУ, 2002 – 33 с.
4	Практикум по высокомолекулярным соединениям /под ред. В. А. Кабанова. - М.: Химия, 1985. - 224 с.

## **17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение:**

При реализации дисциплины используются классические образовательные технологии без замены аудиторных занятий (лекций и лабораторных занятий) на ДОТ. Основные типы лекций – вводные лекции (в начале изучения дисциплины) и информационные лекции с визуализацией (мультимедийные презентации). Проведение текущих аттестаций и промежуточных аттестаций осуществляется в форме устного собеседования по КИМ. Самостоятельная работа по всем разделам предполагает выполнение обязательных письменных домашних заданий.

При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения и различные дистанционные образовательные технологии, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или “МООК ВГУ” (<https://mooc.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций (в том числе с применением сервисов Zoom, Discord и др.), взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров.

## **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

1. Приборы для разгонки мономеров в условиях вакуума.
2. Приборы для проведения полимеризации
3. Приборы для проведения поликонденсации
4. Прибор для термодеструкции полимера
5. Прибор Федотова для определения набухаемости.
6. Рефрактометр ИРФ-454 Б2М
7. Вискозиметры Оствальда-Пинкевича, ВПЖ и Уббелоде.
8. Титровальная установка.
9. Весы аналитические.
10. Весы техно-химические.
11. Модульный спектрометр динамического и статического рассеяния света Photocor-Complex.
12. Компьютер.
13. Турбидиметр.
14. Ультразвуковой диспергатор.
15. Водоструйные насосы.
16. Шкаф сушильный
17. Шкаф вакуумный.
18. Фотометр КФК-3 «ЗОМЗ»
19. Аппараты Сокслета.
20. Терmostаты.

## **19. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Введение в науку о полимерах	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.3, ОПК-2.4	Тестовые задания
2.	Конформация и кон-	ОПК-1,	ОПК-1.3,	Тестовые задания

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	фигурация макромолекул	ОПК-2	ОПК-2.4	Домашние задания
3.	Синтез полимеров.	ОПК-1, ОПК-6	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3. ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.4	Лабораторные работы Домашние задания Коллоквиум
4.	Механика полимеров.	ОПК-3	ОПК-3.1, ОПК-3.2	Практикоориентированные задания
5.	Растворы полимеров.	ОПК-2, ОПК-6	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4 ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.4	Лабораторные работы, Курсовая работа Коллоквиум
6.	Методы исследования полимеров.	ОПК-2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4	Лабораторные работы, Тестовые задания, Курсовая работа
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен, зачет с оценкой				Перечень вопросов

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос); лабораторные работы; оценки результатов практической деятельности (курсовая работа). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены в п. 20.2. При реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий оценки за экзамен/зачет могут быть выставлены по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре.

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: практикоориентированные задания, лабораторные работы, тестовые задания, курсовая работа

Перечень лабораторных работ:

- 1) Полимеризация стирола в суспензии.
- 2) Полимеризация стирола в блоке.
- 3) Полимеризация стирола в эмульсии.

- 4) Полимеризация метилметакрилата в блоке.
- 5) Полимеризация винилацетата в эмульсии.
- 6) Полимеризация винилацетата в сусpenзии.
- 7) Полимеризация винилацетата в растворе.
- 8) Сополимеризация стирола и метакриловой кислоты в сусpenзии.
- 9) Поликонденсация диэтиленгликоля с адипиновой кислотой в растворе.
- 10) Поликонденсация фенола и формальдегида.
- 11) Определение молекулярной массы полистирола.
- 12) Оценка полидисперсности макромолекул методом турбидиметрического титрования.
- 13) Определение растворимости.
- 14) Построение дифференциальных термомеханических кривых.
- 15) Построение кривой состава сополимера и расчет констант сополимеризации стирола и метилметакрилата.
- 16) Определение молекулярно-массовых характеристик методом эксклюзивной хроматографии.
- 17) Термическая деполимеризация полиметилметакрилата.
- 18) Полимераналогичные превращения поливинилового спирта.
- 19) Получение и свойства нитратов целлюлозы.
- 20) Моделирование процесса ионно-координационной полимеризации этилена.

Темы курсовых работ:

1. Получение поливинилацетата полимеризацией винилацетата в блоке
2. Получение и исследование свойств блочного поливинилацетата
3. Получение сусpenзионного поливинилацетата
4. Сусpenзионная полимеризация винилацетата
5. Определение молекулярной массы и размера частиц полиакриламида
6. Исследование молекулярно-массовых характеристик полиакриламида
7. Молекулярно-массовые характеристики различных фракций полиакриламида
8. Радикальная полимеризация винилпирролидона в растворе
9. Синтез поли-N-винилпирролидона полимеризацией в растворе
10. Получение поливинилтриазола полимеризацией в водном растворе и исследование его свойств
11. Синтез поливинилтриазола и определение его молекулярно-массовых характеристик
12. Блочный винилацетат и его полимераналогичные превращения
13. Получение поливинилацетата полимеризацией винилацетата в блоке
14. Радикальная полимеризация винилацетата в сусpenзии
15. Получение сусpenзионного поливинилацетата
16. Синтез микрогеля на основе поли-N-винилкапролактама методом эмульсионной полимеризации
17. Синтез радикальной полимеризацией поли-N-винилкапролактама и определение средневязкостной молекулярной массы
18. Синтез сополимера метилметакрилата со стиролом в сусpenзии
19. Определение кислотно-основных и сорбционных свойств анионообменников
20. Получение сшитых сополимеров 1-винил 3,5-диметилпиразола с этиленгликольдиметокрилатом
21. Определение статической обменной емкости анионитов
22. Синтез поливинилацетата и его полимераналогичных производных
23. Кинетика полимеризации винилацетата
24. Синтез поливинилпирролидона
25. Синтез полиакрилонитрила и его превращения в полиакриламидоксим
26. Синтез поливинилформамида и его полимераналогичные превращения
27. Синтез поливинилкапролактама. Изучение свойств его водных растворов
28. Эмульсионная полимеризация стирола
29. Полимеризация N-винилформамида и получение поливиниламина путем кислотного и щелочного гидролиза ПВФА
30. Кинетика полимеризации стирола рефрактометрическим методом
31. Синтез микрогеля на основе N-винилкапролактама

32. Получение полиакриламида радикальной полимеризацией, индуцированного деструкцией хитозана
33. Синтез водорастворимых сополимеров N-винилпирролида с винилацетатом
34. Получение водорастворимого полимера на основе N-вениформамида
35. Радикальная сополимеризация N-винилформамида с N-винилпирролидоном
36. Определение состава сополимеров N-винилформамида с N-винилпирролидоном
37. Определение состава сополимеров N-винилпирролида с винилацетатом
38. Получение поли-N-винилкапролактама с различной молекулярной массой
39. Получение сетчатого поли-N-винилкапролактама с различной степенью сшивки.
40. Синтез сополимера N-винилкапролактама и N-винилпирролидона

### **Критерии оценивания курсовой работы:**

**Отлично.** Успешное применение теоретических и практических знаний для выполнения курсовой работы. Курсовая выполнена полностью в соответствии с поставленным заданием. Экспериментальные результаты статистически обработаны и проанализированы. При выполнении исследования соблюдались правила техники эксперимента и техники безопасности синтетических и аналитических работ. Работа правильно оформлена и защищена.

**Хорошо.** Выполнен весь объем курсовой работы, предусмотренный преподавателем. Допущены незначительные ошибки и неточности в эксперименте. Экспериментальные результаты статистически обработаны и проанализированы. При выполнении исследования соблюдались правила техники эксперимента и техники безопасности синтетических и аналитических работ. Работа правильно оформлена и защищена.

**Удовлетворительно.** Курсовая работа выполнена и защищена, но результаты представлены без обоснований и объяснений. Есть претензии по оформлению. Обучающиеся не отвечают на вопросы преподавателя и не могут применить полученные знания по курсу для интерпретации полученных данных.

**Неудовлетворительно.** Курсовая работа не сделана или сделана на низком теоретическом и экспериментальном уровне. При защите допущены грубые, принципиальные ошибки.

Лабораторные работы выполняются на занятии в течение 2 академических часов. За этот период студент должен, ознакомившись с порядком выполнения задания, при помощи преподавателя и лаборанта выполнить практическую часть работы, представить полученные результаты преподавателю и, если позволяет время, приступить к оформлению работы и формулировке выводов. Следующее лабораторное занятие студент начинает с представления оформленной работы, отчитывается по работе и получает следующее практическое задание.

Вопросы для домашнего задания формулирует лектор на лекционном занятии. На следующем лекционном занятии студенты представляют решение домашнего задания, занятие начинается с обсуждения вариантов решения.

Коллоквиумы проводятся на лабораторном занятии, о чем преподаватель заранее сообщает обучающимся. Темы, по которым проводятся коллоквиумы, и программа к ним представлена в соответствующих методических указаниях, рекомендованных студентам. По согласованию с обучающимися коллоквиум и зачет может проводиться в форме устной беседы или форме тестирования по основным разделам курса. Экзамен проводится только в устной форме.

## **20.2 Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: собеседование по экзаменационным билетам (по билетам к зачету).

### **Вопросы к экзамену, зачету**

1. Основные отличия ВМС от низкомолекулярных соединений.
2. Классификация и номенклатура ВМС.
3. Конфигурационные изомеры в макромолекулах моносзамещенных этиленов и диенов.
4. Внутримолекулярное вращение и гибкость макромолекул.

5. Молекулярная масса ВМС - среднечисловая, среднемассовая и средневязкостная. Методы определения.
6. Физико-химические основы фракционирования, методы и типы фракционирования.
7. Аморфные и кристаллические полимеры, их свойства.
8. Структура и надмолекулярная организация кристаллических полимеров.
9. Полиэлектролиты. Химические и физико-химические особенности.
10. Концентрированные растворы полимеров и гели.
11. Высокоэластическое состояние полимеров.
12. Стеклообразное состояние полимеров.
13. Вязкотекущее состояние ВМС.
14. Пластификация полимеров.
15. Гибкость (жесткость) макромолекул. Связь гибкости с химическим строением
16. Принципы классификации процессов образования полимеров из мономеров.
17. Радикальная полимеризация. Механизм стадий инициирования, роста и обрыва цепи.
18. Инициирование в радикальной полимеризации.
19. Кинетика радикальной полимеризации при низких степенях превращения.
20. Ингибиторы и замедлители радикальной полимеризации.
21. Атоингибирирование аллиловых мономеров, особенности их полимеризации.
22. Особенности комплексно-радикальной полимеризации виниловых мономеров.
23. Регулирование молекулярной массы при радикальной полимеризации.
24. Радикальная двухкомпонентная сополимеризация. Уравнение Майо-Льюиса. Кривые зависимости мономерный состав - полимерный состав.
25. Анионная полимеризация. Механизм, особенности.
26. Анионно-координационная полимеризация по механизму "живых" цепей..
27. Синтез блок-сополимеров.
28. Катионная полимеризация, особенности, механизм.
29. Зависимость реакционной способности виниловых мономеров в полимеризации от их строения и других факторов.
30. Поликонденсация. Типы реакций поликонденсации. Поликонденсационное равновесие.
31. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение (ММР) полимеров при поликонденсации.
32. Неравновесная поликонденсация. Деструкция при поликонденсации.
33. Химические реакции ВМС, приводящие к изменению степени полимеризации.
34. Химические превращения полимеров, не приводящие к изменению степени полимеризации.
35. Сшивание полимеров. Вулканизация каучуков, отверждение эпоксидных смол.
36. Термостойкие полимеры. Влияние структуры на термические характеристики ВМС.
37. Физиологически активные полимеры с собственной физиологической активностью.
38. Физиологически активные полимеры. Модели прививочного типа.
39. Деструкция и стабилизация ВМС.
40. Псевдоживая радикальная полимеризация.

Фонды оценочных средств в форме тестов:

ОПК-1. Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

Индикаторы.

ОПК 1.1 Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.

ОПК 1.2 Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.

ОПК 1.3 Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

Планируемые результаты обучения:

**знать:**

основы метрологии, материальную базу химического анализа, методологию постановки эксперимента

**уметь:**

планировать эксперимент, проводить поиск справочной информации для постановки эксперимента и

обработки экспериментальных данных, вести лабораторный журнал  
**владеть:**  
приемами лабораторного синтеза и анализа, оформления полученных результатов

Физические свойства полимера не изменяются:  
а) при химической модификации составных повторяющихся звеньев;  
б) при сшивании полимерных цепей;  
в) при добавлении или удалении одного или нескольких составных звеньев.

Правильный ответ: в).

Степень (коэффициент) полимеризации молекулы полимера это:  
а) число составных звеньев в молекуле полимера;  
б) число мономерных звеньев в молекуле полимера;  
в) число составных повторяющихся звеньев в молекуле полимера.

Правильный ответ: б).

Каким методом можно определить среднемассовую молекулярную массу:  
а) эбуллиоскопия; б) вискозиметрия; в) светорассеяние; г) осмометрия.

Правильный ответ: в).

Передача цепи в ходе радикальной полимеризации невозможна на:  
а) мономер; б) инициатор; в) растворитель; г) полимер; д) ингибитор

Правильный ответ: д).

Использование избытка одного из мономеров в равновесной гетерополиконденсации:  
а) позволяет синтезировать реакционноспособные мономеры;  
б) снижает молекулярную массу продукта поликонденсации;  
в) позволяет синтезировать разветвлённый полимер;  
г) позволяет получить модифицированный полимер.

Правильный ответ: б).

Какие заместители виниловых мономеров (с точки зрения электронных эффектов) способствуют про теканию катионной полимеризации:

Правильный ответ: электронодонорные.

Ламели характерны для ...формы существования полимеров.  
Правильный ответ: кристаллической.

Перечислите основные типы сополимеров.

Правильный ответ: статистические, блочные, чередующиеся, привитые, градиентные.

Коэффициент, связывающий напряжение в упругом теле с его относительным удлинением называется модуль ....

Правильный ответ: Юнга.

Приведенная вязкость раствора полимера при полиэлектролитном набухании .... с уменьшением кон центрации.

Правильный ответ: возрастает, растет, увеличивается,

ОПК 2. Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности.

Индикаторы.

ОПК 2.1 Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.

ОПК 2.2 Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристизации веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности.

ОПК 2.3 Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием современного научного оборудования.

Планируемые результаты обучения:

**знать:**

основные методы исследования полимеров; химические, физико-химические и физические основы создания конструкционных и функциональных полимерных материалов; способы синтеза полимеров.

**уметь:**

определять и рассчитывать размеры макромолекул; оценивать основные физико-механические пара-

метры полимеров; оценивать состав конечного полимера после протекания химических реакций; расчитывать степень сшивки полимерной сетки.

**владеть:**

приемами регулирования реакций синтеза полимеров, изомерии и молекулярно-массовых характеристик конечного материала путем изменения концентраций компонентов, температуры, качества растворителя и т.д.; методами моделирования макромолекул и расчетными процедурами оценки их размеров; принципами направленной модификации химической структуры полимера для придания нужных свойств; методологией создания новых полимерных материалов.

Высокоэластическое состояние характерно для:

- а) аморфных полимеров;
- б) кристаллических полимеров;
- в) стеклообразных полимеров.

Правильный ответ: а).

Что является активным центром при полимеризации виниловых мономеров в присутствии инициирующей системы  $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2$ ?

- а) катион; б) анион; в) радикал; г) реакция не протекает.

Правильный ответ: в).

Для какого из мономеров полимеризации с раскрытием цикла величина теплового эффекта наибольшая:

- а) оксид этилена; б) тетрагидрофуран; в) диоксан; г) капролактам.

Правильный ответ: а).

В каком способе проведения радикальной полимеризации мономер и инициатор находятся в разных фазах?

- а) растворная; б) блочная; в) суспензионная; г) эмульсионная.

Правильный ответ: г).

Для какой из стадий процесса радикальной полимеризации энергетический барьер максимален?

- а) инициирования; б) роста; в) передачи цепи; г) обрыва цепи.

Правильный ответ: а).

Для какого состояния полимеров проявляется эффект Вайсенберга?

- а) кристаллическое; б) вязкотекучее; в) высокоэластическое; г) стеклообразное.

Правильный ответ: б).

Какой газ образуется при термическом разложении АИБН?

Правильный ответ: азот.

Молекулярная масса полимера ... по мере выхода из колонки в методе гель-проникающей (эксклюзивной) хроматографии.

Правильный ответ: снижается, уменьшается.

Добавление пластификатора ... температуру стеклования полимера.

Правильный ответ: снижает, уменьшает.

Гель-эффект заключается в резком...скорости процесса радикальной полимеризации.

Правильный ответ: увеличении, возрастании.

ОПК-3. Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения.

Индикаторы.

ОПК 3.1 Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности.

ОПК 3.2 Использует стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных при решении задач профессиональной деятельности.

Планируемые результаты обучения:

**знать:**

современные экспериментальные методы исследования технологических процессов и природных сред; знать основы современных информационных технологий

**уметь:**

уверенно работать в качестве пользователя персонального компьютера; использовать компьютерные средства и методы моделирования в научно-исследовательской работе **владеть:**  
навыками, приемами и технологиями построения и анализа эмпирических моделей, основами организации экспериментальных исследований

Масса макромолекул увеличивается в ходе:

- а) рекомбинации; б) диспропорционирования; в) передачи цепи на мономер; г) передачи цепи на растворитель

Правильный ответ а).

При радиохимическом инициировании в процессе облучения мономер превращается в:

- а) радикал; б) катион; в) анион; г) катион-радикал; д) анион-радикал.

Правильный ответ: г).

Гель-эффект (эффект Тромсдорфа) наблюдается чаще всего при полимеризации:

- а) в растворе; б) в блоке; в) в эмульсии; г) в газовой фазе

Правильный ответ: б).

Площадь внутри петли гистерезиса в координатах  $\sigma$  от  $\epsilon$  соответствует:

- а) остаточному напряжению в эластомере; б) остаточному удлинению в эластомере; в) выделяющейся теплоте; г) частоте сокращений эластомера.

Правильный ответ: в).

При радикальной полимеризации какого мономера макрорадикал наиболее активен?

- а) стирол; б) бутадиен; в) акрилонитрил; г) винилацетат

Правильный ответ: г)

Каково значение степени полидисперсности полимера, если значения молекулярных масс, определенные осмометрически, вискозиметрически и методом светорассеяния для него совпадают?

Правильный ответ: 1.

Чему равны константы  $r_1$  и  $r_2$  при образовании чередующегося сополимера?

Правильный ответ: 0.

Сколько фаз находится внутри бинодали?

Правильный ответ: 2.

Чему равна степень полимеризации в ходе равновесной поликонденсации при достижении степени превращения 99%?

Правильный ответ: 100.

С ... сегмента Куна гибкость полимерной цепи увеличивается.

Правильный ответ: уменьшением

ОПК-6. Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе.

Индикаторы.

ОПК 6.1 Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке.

ОПК 6.2 Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры.

ОПК 6.3 Готовит презентацию по теме работы и представляет ее на русском и английском языках.

ОПК 6.4 Представляет результаты работы в виде научной публикации (тезисы доклада, статья, обзор) на русском и английском языке.

Планируемые результаты обучения:

**знать:**

основные нормы современного русского языка (орфографические, пунктуационные, грамматические, стилистические, орфоэпические) и систему функциональных стилей русского языка;

**уметь:**

пользоваться основной справочной литературой, толковыми и нормативными словарями русского языка; основными сайтами поддержки грамотности в сети «Интернет»

**владеть:**

навыками создания на русском языке грамотных и логически непротиворечивых письменных и устных текстов учебной и научной тематики реферативного характера, ориентированных на соответствующее направление подготовки.

С преимущественным образованием каких продуктов протекает термическая деструкция полиоксиметилена?

- а) уксусной кислоты; б) олигомерных циклов; в) этиленгликоля; г) формальдегида.

Правильный ответ г).

Катализаторами анионной полимеризации являются:

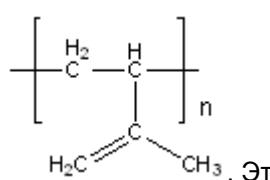
- а) кислоты Льюиса; б) амиды щелочных металлов;  
в) протонсодержащие кислоты; г) пероксины.

Правильный ответ: б).

Аллильная группа это:

- а)  $-\text{CH}=\text{CH}_2$ ; б)  $-\text{CH}_2\text{-CH}=\text{CH}_2$ ; в)  $-\text{CH}=\text{CH}-$ ; г)  $-\text{CH}=\text{CH-CH}=\text{CH}-$ .

Правильный ответ: б).



Это:

- а) 1,2-полиизопрен; б) 3,4-полизопрен; в) 1,4-полиизопрен; г) 2,4-полиизопрен.

Правильный ответ: б).

Числовая доля это:

$$a) \frac{\text{N}_i\text{M}_i}{\sum \text{N}_i\text{M}_i}; b) \frac{\text{N}_i}{\sum \text{N}_i}; c) \frac{\text{N}_i\text{M}_i^2}{\sum \text{N}_i\text{M}_i}; d) \frac{\text{N}_i\text{M}_i^3}{\sum \text{N}_i\text{M}_i^2}$$

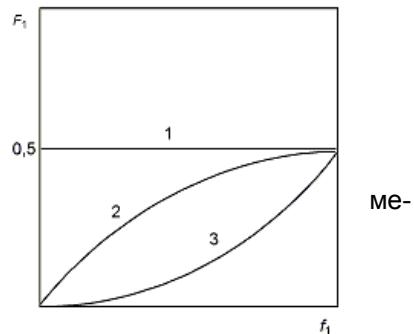
Правильный ответ: б).

Какая кривая соответствует чередующемуся сополимеру на схеме?

Правильный ответ: 1.

В присутствие какого из перечисленных веществ образуются телопры: четыреххлористый углерод, гептадиен-1,6, гидрохинон, кобальтпорфирины?

Правильный ответ: четыреххлористый углерод.



Энтропия в ходе полимеризации чаще всего ....

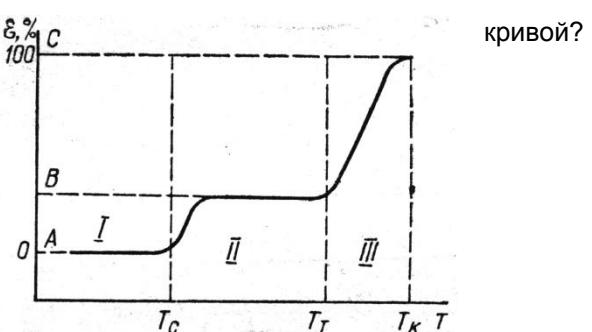
Правильный ответ: снижается, уменьшается.

Перечислите основные типы полимеризационных процессов:

Правильный ответ: радикальная, анионная, катионная, ионно-координационная.

Что такое  $T_c$  на представленной термомеханической

Правильный ответ: температура стеклования.



По окончании VIII семестра по курсу «Высокомолекулярные соединения» проводится промежуточная аттестация в форме экзамена. К экзамену обучающиеся получают перечень вопросов, из которых формируются КИМ по предмету. За день перед экзаменом проводится консультация, где студенты могут прояснить вопросы, освоение которых вызывает трудности. Приходя на экзамен, обучающийся должен

иметь при себе зачетную книжку и тетрадь с лабораторным практикумом. Обучающийся выбирает КИМ и готовится к ответу. Время на подготовку регламентировано Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Для оценивания результатов обучения на экзамене/зачете используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом науки о полимерах;;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) умение применять теоретические знания, решать практические задачи;
- 5) владение способами синтеза полимеров и методами их исследования; данные критерии в большей степени относятся к экзамену

Для оценивания результатов обучения на экзамене (зачете с оценкой) используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

#### Соотношение показателей, критериев и шкал оценивания результатов обучения

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Продемонстрировано знание учебного материала и владение понятийным аппаратом в области полимерной науки, умение связывать теорию с решением практических задач, владение теоретическими основами полимерной химии, способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований	Повышенный уровень	Отлично
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрирована связь теории с практикой, или содержатся отдельные пробелы в знании вопросов теории,	Базовый уровень	Хорошо
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум (трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Демонстрирует частичные знания теории, или не умеет иллюстрировать ответ примерами, фактами , или имеет не полное представление о способах синтеза полимеров, допускает существенные ошибки в написании формул.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки в рассмотрении теоретических вопросов, не может привести конкретные примеры на поставленные вопросы.	–	Неудовлетворительно

## **ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ**

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Направление/специальность 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Дисциплина Б1.О.14 Высокомолекулярные соединения

Профиль подготовки/специализация фундаментальная химия в профессиональном образовании

Форма обучения очная

Учебный год 2027-2028

Ответственный исполнитель

зав.каф.ВМС и КХ \_\_\_\_\_ /А.С. Шестаков/ 31.08 2024

**СОГЛАСОВАНО**

Куратор ООП  
по направлению/специальности \_\_\_\_\_ /Т.В. Елисеева/ 31.08 2024

Начальник отдела обслуживания ЗНБ \_\_\_\_\_ /Н.В. Белодедова/ \_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_.20\_\_\_\_

Программа рекомендована НМС химического факультета  
протокол № 4 от 11.04.2024 г.