

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.
11.05.2023



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.15 Высокомолекулярные соединения

1. Код и наименование направления подготовки:

04.03.02 Химия, физика и механика материалов

2. Профиль подготовки: Материаловедение и индустрия наносистем

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра высокомолекулярных соединений и коллоидной химии

6. Составители программы: Кущев Петр Олегович, кандидат химических наук, доцент

7. Рекомендована: научно-методическим советом химического факультета,
протокол № 4 от 25.04.2022

8. Учебный год: 2026-2027

Семестр(ы): 7

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. Дисциплина является параллельной для курсов Б1.В.ДВ.06.01 Перспективные функциональные материалы, Б1.В.ДВ.07.01 Конструкционные материалы.

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 использовать при решении задач профессиональной деятельности понимание теоретических основ химии, физики материалов и механики материалов	ОПК-1.1	Использует при решении задач профессиональной деятельности теоретические основы физико-химии полупроводниковых материалов	Знать: <ul style="list-style-type: none">- основные понятия и принципы химии и физики высокомолекулярных соединений;- современное состояние развития полимерной химии в мире и нашей стране;- перспективы использования полимерных материалов;- основные классы полимерных материалов, их физико-химические, технологические и эксплуатационные свойства; Уметь: <ul style="list-style-type: none">- описывать процессы научно-технического развития полимерного материаловедения;- наиболее рационально выбирать полимерные материалы для решения практических задач; Использовать: <ul style="list-style-type: none">- использовать полученные знания для полимерных материалов и характеристики их свойств. Владеть: <ul style="list-style-type: none">- навыками постановки и решения конкретных задач синтеза полимеров; техникой получения современной информации по развитию
		ОПК-1.2	Использует при решении задач профессиональной деятельности теоретические основы структурной химии неорганических материалов	
		ОПК-1.3	Использует при решении задач профессиональной деятельности теоретические основы механики материалов	

		ОПК-1.4	Предлагает интерпретацию результатов экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ химии, физики и механики материалов	полимерного материаловедения; - физическими принципами работы современных технических устройств с использованием полимерных материалов; - навыками поиска и анализа информационных источников в изучаемой области.
ОПК-2	Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности эксперимент по синтезу и анализу химических веществ, исследованию реакций, процессов и материалов, диагностике физических и механических свойств материалов	ОПК-2.1	Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	Знать: - основные методы синтеза важнейших полимерных материалов. Уметь: - использовать полученные знания для выбора методов синтеза полимерных материалов и характеристики их свойств. Владеть: - навыками постановки и решения конкретных задач синтеза полимеров; техникой получения современной информации по развитию полимерного материаловедения; - физическими принципами работы современных технических устройств с использованием полимерных материалов; - навыками поиска и анализа информационных источников в изучаемой области.
		ОПК-2.2	Проводит эксперимент по исследованию реакций, процессов и материалов с использованием стандартизированных процедур	
		ОПК-2.3	Проводит стандартные операции по диагностике физических и химических свойств материалов	
		ОПК-2.4	Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час – 3 / 108.

Форма промежуточной аттестации зачет.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			7 семестр	8 семестр
Контактная работа		80	80	
в том числе:	лекции	36	36	
	практические			
	лабораторные	36	36	
	курсовая работа			
	Групповые консультации	8	8	
Самостоятельная работа		28	28	
Промежуточная аттестация (для экзамена)				
Итого:		108	108	

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью он-лайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Роль науки о высокомолекулярных соединениях в научно-техническом прогрессе и основные этапы ее развития.	Место науки о полимерах в ряду фундаментальных химических дисциплин. Основные отличия ВМС от низкомолекулярных соединений.	
1.2	Классификация полимеров и процессов их образования. Номенклатура.	Классификация полимеров в зависимости от происхождения, химического состава и строения основной цепи. Полимеризация и поликонденсация как методы синтеза полимеров из мономеров.	
1,3	Макромолекулы и их поведение в растворе.	Конфигурационные изомеры в макромолекулах полимеров монозамещенных этиленов и диенов. Стереорегулярные полимеры. Внутримолекулярные вращения и гибкость макромолекул. Модель свободно-сочлененной цепи. Средние размеры макромолекул с учетом постоянства валентных углов. Количественные характеристики гибкости макромолекул. Функция распределения расстояний между концами свободно-сочлененной цепи (Гаусовы клубки). Связь гибкости (жесткости) макромолекул с их химическим строением. Термодинамическое поведение макромолекул в растворе и его особенности по сравнению с поведением низкомолекулярных веществ. Невозмущенные размеры макромолекул в растворе и оценка гибкости. Физико-химические основы и методы фракционирования. Светорассеяние как метод определения среднемассовой молекулярной массы ВМС. Гидродинамические свойства макромолекул. Вискозиметрия – метод определения средневязкостной молекулярной массы. Концентрированные растворы полимеров и гели. Полиэлектролиты.	
1.4	Полимерные тела.	Структура и основные физические свойства полимерных тел. Аморфные и кристаллические полимеры. Высокоэластическое, стеклообразное и вязкотекучее состояние. Пластификация полимеров. Ориентированные структуры кристаллических и аморфных полимеров.	
1.5	Синтез полимеров.	Радикальная гомополимеризация. Механизм, кинетика. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение. Ингибиторы и замедлители. Аутоингибирование аллильных мономеров. Зависимость реакционной способности виниловых мономеров от строения и других факторов. Комплексно-радикальная полимеризация виниловых мономеров. Радикальная и комплексно-радикальная сополимеризации. Катионная полимеризация. Общая характеристика, механизм, кинетические особенности. Анионная и анионно-координационная полимеризации в присутствии гомогенных и гетерогенных катализаторов типа Циглера-Натта. Поликонденсация. Типы реакций поликонденсации. Поликонденсационное равновесие. Молекулярная масса и молекулярно-массовое	

		распределение при поликонденсации. Деструкция при поликонденсации. Современные достижения в области синтетических полимеров. Термостойкие полимеры. Термоэластогласты. Физиологически активные полимеры. Классификация. Физиологически активные полимеры с собственной физиологической активностью. Полимеры прививочного типа.	
1.6	Химические свойства и химические превращения высокомолекулярных соединений. Деструкция и стабилизация полимеров	Особенности реакций макромолекул. Химические реакции, не приводящие к изменению степени полимеризации: полимераналогичные превращения и внутримолекулярные реакции. Использование этих реакций для получения новых полимеров. Химические реакции, приводящие к изменению степени полимеризации. Деструкция и стабилизация полимеров. Деполимеризация. Сшивание полимеров: вулканизация каучуков, отверждение эпоксидных смол. Тенденции развития химии высокомолекулярных соединений. Новые полимеры и направления их использования.	
3. Лабораторные занятия			
3.1	Макромолекулы и их поведение в растворе.	Определение молекулярной массы полистирола. Оценка полидисперсности макромолекул методом турбидиметрического титрования. Определение растворимости.	
3.2	Полимерные тела.	Построение дифференциальных термомеханических кривых. Построение кривой состава сополимера и расчет констант сополимеризации стирола и метилметакрилата. Определение молекулярно-массовых характеристик методом эксклюзивной хроматографии.	
3.3	Синтез полимеров.	Полимеризация стирола в суспензии. Полимеризация стирола в блоке. Полимеризация стирола в эмульсии. Полимеризация метилметакрилата в блоке. Полимеризация винилацетата в эмульсии. Полимеризация винилацетата в суспензии. Полимеризация винилацетата в растворе. Сополимеризация стирола и метакриловой кислоты в суспензии. Поликонденсация диэтиленгликоля с адипиновой кислотой в растворе. Поликонденсация фенола и формальдегида. Моделирование процесса ионно-координационной полимеризации этилена.	
3.4	Химические свойства и химические превращения высокомолекулярных соединений. Деструкция и стабилизация полимеров.	Термическая деполимеризация полиметилметакрилата. Полимераналогичные превращения поливинилового спирта. Получение и свойства нитратов целлюлозы.	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Основные определения, понятия и термины науки о полимерах	2			2	4
2	Классификация полимеров в зависимости от происхождения, химического состава и строения основной цепи.	2			2	4
3	Внутримолекулярные вращения	2			3	5

	и гибкость макромолекул. Модель свободно-сочлененной цепи. Средние размеры макромолекул с учетом постоянства валентных углов. Конфигурационные изомеры в макромолекулах полимеров монозамещенных этиленов и диенов. Стереорегулярные полимеры.					
4	Количественные характеристики гибкости макромолекул. Функция распределения расстояний между концами свободно-сочлененной цепи (Гауссовы клубки). Связь гибкости (жесткости) макромолекул с их химическим строением.	2			3	5
5	Термодинамическое поведение макромолекул в растворе и его особенности по сравнению с поведением низкомолекулярных веществ. Невозмущенные размеры макромолекул в растворе и оценка гибкости.	2			2	5
6	Физико-химические основы и методы фракционирования. Светорассеяние как метод определения среднемассовой молекулярной массы ВМС. Гидродинамические свойства макромолекул.	2		4	2	8
7	Вискозиметрия – метод определения средневязкостной молекулярной массы. Концентрированные растворы полимеров и гели. Полиэлектролиты.	2		4	2	8
8	Структура и основные физические свойства полимерных тел. Аморфные и кристаллические полимеры. Высокоэластическое, стеклообразное и вязкотекучее состояние. Пластификация полимеров. Ориентированные структуры кристаллических и аморфных полимеров.	3		4	2	7
9	Радикальная гомополимеризация. Механизм, кинетика. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение. Ингибиторы и замедлители. Аутоингибирование аллильных мономеров. Зависимость реакционной способности виниловых мономеров от строения и других факторов.	3		4	2	9
10	Комплексно-радикальная полимеризация виниловых мономеров. Радикальная и комплексно-радикальная сополимеризации. Живая ионная и псевдоживая радикальная полимеризация.	2			2	4
11	Катионная полимеризация. Общая характеристика, механизм, кинетические особенности.	2		4	2	7

12	Анионная и анионно-координационная полимеризации в присутствии гомогенных и гетерогенных катализаторов типа Циглера-Натта.	2			2	4
13	Поликонденсация. Типы реакций поликонденсации. Поликонденсационное равновесие. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение при поликонденсации. Деструкция при поликонденсации.	2		4	2	9
14	Особенности реакций макромолекул. Химические реакции, не приводящие к изменению степени полимеризации: полимераналогичные превращения и внутримолекулярные реакции. Использование этих реакций для получения новых полимеров.	2		4	2	9
15	Химические реакции, приводящие к изменению степени полимеризации. Деструкция и стабилизация полимеров.	2		4	2	8
16	Деполимеризация. Сшивание полимеров: вулканизация каучуков, отверждение эпоксидных смол.	2		4	2	8
17	Тенденции развития химии высокомолекулярных соединений. Новые полимеры и направления их использования. Полимеры для нанотехнологии и индустрии наносистем.	2			2	4
	Итого:	36		36	36	108

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 реактивами.
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, полу-

ченным 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. Ежеженедельно студенты имеют возможность выяснять все вопросы, освоение которых вызывает трудности, на консультациях с лектором в специально отведенные для этого контактные часы.

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 вузов / М. С. Аржаков [и др.] ; под редакцией А. Б. Зезина. — Москва : Юрайт, 2020. — 340 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, 2019 .
5	Кленин В.И. Высокомолекулярные соединения : учебник / В.И. Кленин, И.В. Федусенко .— Изд. 2-е, испр. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2013 .— 508 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
	Шишонок М.В. Структура полимерных тел/ М.В. Шишонок .— Минск : БГУ, 2003 .— 36 с.
6	Рабек Я. Экспериментальные методы в химии полимеров / Я.Рабек. - М. : Мир, 1983. - Ч.1. - 384 с.; -Ч.2. - 480 с.
7	Практикум по химии и физике полимеров / под ред. В.Ф.Куренкова. - М. : Химия, 1995. - 256 с.
8	Тагер А. А. Физикохимия полимеров / А. А. Тагер. - М.: Химия, 2007. - 544с.
9	Говарикер В. Р. Полимеры / В. Р. Говарикер, Н. В. Висванатхан, Дж. Шридхар. - М.: Иностран. лит., 1990. – 396 с.
10	Кабанов В. А. Комплексно-радикальная полимеризация/В. А. Кабанов, В. П. Зубов, Ю. Д. Семчиков. - М.: Наука, 1987. – 256 с.
11	Шур А. М. Высокомолекулярные соединения/А. М. Шур. - М.: Высш. шк., 1981. – 656 с.
12	Руководство к практическим работам по химии полимеров / под ред. Иванова В.С. - Л. : Изд-во ЛГУ, 1982. - 176 с.
13	Аверко-Антонович И.Ю. Методы исследования структуры и свойств полимеров. Учебное пособие / Аверко-Антонович И.Ю., Бикмуллин Р.Т. –Казань.: Изд-во КГТУ, 2002. – 604 с.

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

№ п/п	Ресурс
14	"Университетская библиотека online", http://biblioclub.ru/
15	Электронно-библиотечная система "Консультант студента", http://www.studmedlib.ru
16	https://www.lib.vsu.ru - Зональная научная библиотека ВГУ.
17	http://www.en.edu.ru/ - 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).
18	http://window.edu.ru/ - информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».
19	http://www.elibrary.ru –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.

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Кузнецов В.А. Практикум по высокомолекулярным соединениям / В.А. Кузнецов. - Воронеж: 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. Термостаты.

19. Оценочные средства для проведения текущей 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.	Роль науки о высокомолекулярных соединениях в научно-техническом прогрессе и основные этапы ее развития.	ОПК-1	ОПК-1.3	Тестовые задания
2.	Классификация полимеров и процессов их образования. Номенклатура.	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-2.2	Тестовые задания Домашние задания
3.	Макромолекулы и их поведение в растворе.	ОПК-1	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4	Лабораторные работы Домашние задания Коллоквиум
4.	Полимерные тела.	ОПК-1	ОПК-1.3, ОПК-1.4	Практикоориентированные задания
5.	Синтез полимеров.	ОПК-2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4	Лабораторные работы, Коллоквиум
6.	Химические свойства и химические превращения высокомолекулярных соединений. Деструкция и стабилизация полимеров	ОПК-2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4	Лабораторные работы, Тестовые задания,
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень вопросов

Фонд оценочных средств сформированности компетенций

ОПК-1 Способен использовать при решении задач профессиональной деятельности понимание теоретических основ химии, физики материалов и механики материалов

ОПК-1.1 Использует при решении задач профессиональной деятельности теоретические основы физико-химии полупроводниковых материалов

ОПК-1.2 Использует при решении задач профессиональной деятельности теоретические основы структурной химии неорганических материалов

ОПК-1.3 Использует при решении задач профессиональной деятельности теоретические основы механики материалов

ОПК-1.4 Предлагает интерпретацию результатов экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ химии, физики и механики материалов

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

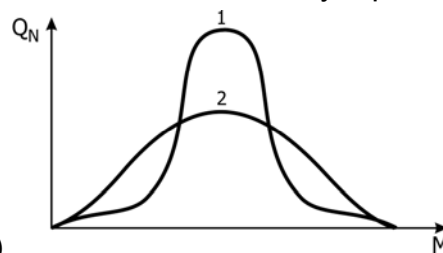
1) тестовые задания:

- Молекулярная масса полиметилметакрилата со степенью полимеризации 80 равна:
 - 6720
 - 8000

- 8160
 - 6880
2. Ацетилцеллюлоза - это:
 - синтетический полимер;
 - искусственный полимер;
 - природный полимер.
 3. Физическими состояниями аморфных полимеров являются:
 - только высокоэластичные;
 - только вязкотекучие;
 - только стеклообразные;
 - все из перечисленных.
 4. Для осуществления процесса кристаллизации полимеров необходимо:
 - выбор температуры кристаллизации ниже T_c ;
 - минимальная гибкость полимера;
 - регулярность химического и геометрического строения макромолекул;
 - выполнение условия плотной упаковки макромолекул в кристаллической структуре;
 - выбор температуры кристаллизации выше температуры стеклования T_c полимера.

2) расчетные задачи или задания с коротким ответом:

1. _____ Средняя молекулярная масса системы, состоящей из 10 молекул с массой 4000, 40 молекул с массой 10000 и 50 молекул с массой 40000 равна 24400. При этом средняя молекулярная масса является: ... (числовой)
2. Значения каких средних молекулярных масс необходимы для расчета полидисперсности? (Среднемассовая и среднечисловая)
3. На рисунке приведены Q_N - числовые функции ММР двух образцов полимера. Правильным заключением о среднемассовых молекулярных массах M_w образцов 1 и 2

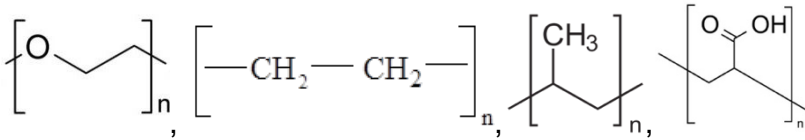


является ... ($M_w(1) < M_w(2)$)

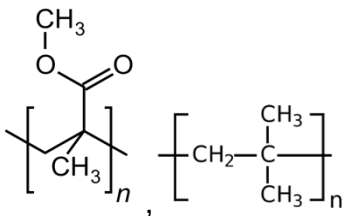
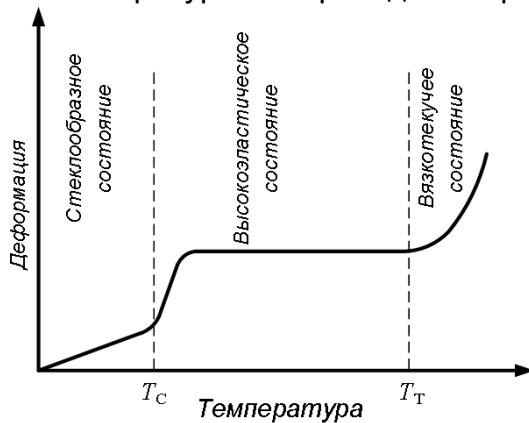
3) ситуационные, практико-ориентированные задачи / мини-кейсы:

...

- Нарисовать химические формулы следующих полимеров, расположив их в порядке убывания гибкости цепи: полиакриловая кислота, полиэтилен, полипропилен, полиэтиленоксид.



- Нарисовать термомеханические кривые для образцов атактических полиметилметакрилата и полиизобутилена одинаковых молекулярных масс. Указать и назвать точки температурных переходов. Нарисовать химические формулы полимеров



4) темы эссе:

- Какими экспериментальными методами и как можно определить тэта- температуру раствора полимера?

Измерение парциального давления растворителя над раствором полимера

Если мы рассматриваем двухкомпонентную систему полимер-растворитель, то в газовую фазу может выйти только растворитель, полимер не имеет газообразного состояния. Вводятся следующие индексы: «1» - всегда относится к растворителю, «2» - к полимеру. В этом случае закон Рауля будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{P_1}{P_1^0} = 1 - n_2 = n_1,$$

где P_1 – давление паров растворителя над раствором, P_1^o – давление пара чистого растворителя, n_2 – мольная доля полимера, n_1 – мольная доля растворителя.

В полимерных растворах возникают положительные и отрицательные отклонения поведения реального раствора от идеального случая, которые описываются законом Рауля.

Для конкретной пары полимер-растворитель сила взаимодействия полимера и растворителя будет определяться температурой. Причем здесь возможны два варианта при повышении температуры: либо ухудшение, либо улучшение сродства. Меняя температуру, можно переходить от одного случая к другому и в промежутке возникнет такая температура, при которой взаимодействие полимер-полимер \approx полимер-растворитель, что приведет к соответствию поведения реального раствора закону Рауля. Эта температура, при которой наблюдается формальное соответствие закону Рауля – называется ***θ температурой***.

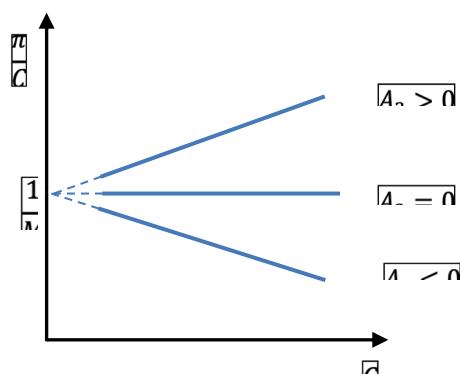
Осмометрия

По тем же самым причинам, реальные системы значительно отклоняются от идеального поведения, как в положительную сторону, так и в отрицательную. Для полимеров эти зависимости прямолинейны и выглядят следующим образом:

$$\frac{\pi}{C} = RT(A_1 + A_2C) = RT\left(\frac{1}{M} + A_2C\right).$$

Коэффициент A_2 характеризует тангенс угла наклона данной прямой. А коэффициент описывает отсечку на оси ординат.

Для полимерных растворов мы имеем два вириальных коэффициента: A_1 обратно пропорционален молекулярной массе ($\frac{1}{M}$), а A_2 отвечает за тангенс угла наклона прямой:



Зависимость приведенного осмотического давления от концентрации для хорошего и плохого растворителя

Для случая $A_2 > 0$ тангенс угла наклона положителен. Это случай хорошего растворителя, поэтому при увеличении концентрации приведенное осмотическое давление увеличивается. Это значит, что чем больше полимера в левой части ячейки, тем больше он стягивает на себя растворителя из правой части, осмотическое давление растет.

Случай $A_2 < 0$ – плохой растворитель. Чем больше полимера в левой части ячейки, тем сильнее он выталкивает растворитель из ячейки. Поэтому с увеличением концентрации полимера осмотическое давление падает.

В θ -условиях $A_2 = 0$, это может быть случай θ -растворителя или для данной пары полимер-растворитель случай θ -температуры.

ОПК-2 Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности эксперимент по синтезу и анализу химических веществ, исследованию реакций, процессов и материалов, диагностике физических и механических свойств материалов

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

ОПК-2.2 Проводит эксперимент по исследованию реакций, процессов и материалов с использованием стандартизированных процедур

ОПК-2.3 Проводит стандартные операции по диагностике физических и химических свойств материалов

ОПК-2.4 Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

1) тестовые задания:

1. Принципиальное отличие реакций полимеризации и поликонденсации связано с:
 - различием в механизмах химических реакций роста полимерных цепей;
 - различием в механизмах ограничения растущих цепей;
 - соответствием элементарного состава мономеров и образующихся из них полимеров;
 - различием молекулярно-массовых распределений образующихся полимеров.
2. Препаративные методы фракционирования полимеров по величине молекулярной массы основаны:
 - на различной растворимости полимеров, зависящей от молекулярной массы;
 - на способности полимера участвовать в химических превращениях;
 - на различиях в химическом составе в макромолекулах;
 - на различиях в структуре макроцепей.
3. Основным недостатком полимеризации в массе (блоке) является:
 - сложность отвода выделяющегося тепла;
 - загрязнение полимера;

- высокая скорость процесса;
 - низкий выход полимера;
4. Конфигурация макромолекулярной цепи в отличие от конформации характеризуется:
- фиксированными значениями как длин связей, так и валентных углов;
 - фиксированными значениями только длин связи между атомами;
 - фиксированными значениями длин связей, валентных углов и углов вращения вокруг связи основной цепи;
 - фиксированными значениями только валентных углов;

2) расчетные задачи или задания с коротким ответом:

1. _____ В
каком цепном процессе можно получить блок-сополимеры? (Анионная полимеризация).
2. _____ Со-
став сополимера при радикальной сополимеризации зависит от ... (констант скоростей роста цепи или констант сополимеризации).
3. Под деструкцией полимеров понимают ... (разрыв или распад основной цепи полимера и боковых групп макромолекул).

...

3) ситуационные, практико-ориентированные задачи / мини-кейсы:

1. _____ Назовите и кратко опишите какие-либо три способа инициирования реакции радикальной полимеризации.

Наиболее распространенный метод основан на осуществлении в среде мономера термического гомолитического распада нестойких веществ - инициаторов. В качестве инициаторов широко используют различные типы перекисей и азосоединения.

В лабораторной практике часто используют фотохимическое инициирование, которое основано на образовании свободных радикалов в результате гомолитического разрыва химических связей при поглощении квантов иницилирующего облучения либо молекулами мономера, либо специально введенными фотоинициаторами или фотосенсибилизаторами.

Радикальная полимеризация может быть также вызвана действием излучений высокой энергии (γ -лучами, быстрыми электронами, α -частицами, нейтронами и др.). Этот способ инициирования называется радиационно-химическим.

2. Нарисуйте и назовите все возможные конфигурационные изомеры для двух мономерных звеньев 1,2-полибутадиена и молекулы 1,4-полибутадиена. (1,2-полибутадиен: голова-хвост, хвост-хвост, голова-голова; 1,4-полибутадиен: цис-1,4-полибутадиен, транс-1,4-полибутадиен)

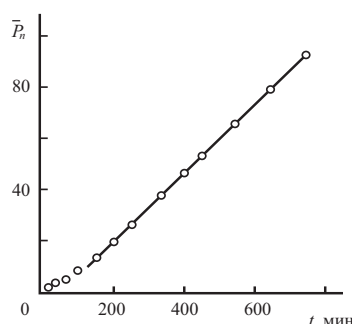
4) темы эссе:

1. Какие факторы и как влияют на молекулярную массу полимера, получаемого методом поликонденсации?

Средняя степень полимеризации образующегося полимера \overline{P}_n в отсутствие реакций обратной роста выражается в виде:

$$\overline{P}_n = \frac{[C_0]}{[C]} = \frac{1}{1-q} = 1 + k[C_0]t \quad (1)$$

В соответствии с этим определением величина \overline{P}_n для поликонденсационных процессов учитывает вклад всех n -меров, включая вклад молекул мономеров, присутствующих в реакционной среде. (для полимеризационных процессов эта величина характеризует только молекулы полимера без учета вклада молекул мономера). Как видно из уравнения \overline{P}_n линейно возрастает во времени реакции:



Зависимость среднечисловой степени полимеризации от времени реакции при поликонденсации адипиновой кислоты и этиленгликоля при 109°C , $[\text{л-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SOOH}] = 0,4$ моль%.

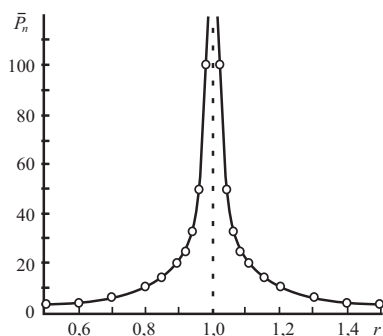
Из уравнения (1) следует, что высокомолекулярные продукты могут быть получены только при степенях превращения близких к 1 ($q > 0.95$). При меньших степенях превращения образуются лишь олигомерные вещества (в отличие от цепной полимеризации, когда высокомолекулярные продукты могут образоваться уже при самых малых степенях превращения).

В соответствии с уравнением (1) при линейной поликонденсации предельное значение степени полимеризации должно теоретически бесконечно увеличиваться с ростом q . Однако практически достичь степени полимеризации, превышающей 10^3 очень трудно. Одна из причин этого — трудность достижения строгой стехиометрии реагирующих функциональных групп из-за протекания побочных реакций. Если стехиометрия не соблюдается так, что, например $[C_a] < [C_b]$, то значение среднечисловой степени полимеризации выражается уравнением:

$$\overline{P}_n = \frac{1+r}{1+r-2rq}$$

где $r = \frac{[C_a]}{[C_b]} < 1$ — отношение исходных концентраций функциональных групп. Зависимость предельного значения степени полимеризации от r , которое может быть достиг-

нуто при $q = 1$, т.е. после исчерпания всех функциональных групп, присутствовавших в исходной реакционной смеси в недостатке, представлена на рис.:



Влияние стехиометрического соотношения бифункциональных реагентов на степень полимеризации \bar{P}_n при поликонденсации.

Причиной понижения \bar{P}_n может быть, в частности, присутствие монофункциональных веществ, присоединение которых к концу растущей цепи приводит к образованию неактивных концов. Другой причиной ограничения растущих цепей при поликонденсации являются реакции циклизации. В отличие от линейной конденсации при циклизации реагируют функциональные группы одной и той же молекулы, приводящие к образованию циклов, не способных к дальнейшему росту цепей.

Основными факторами ограничения молекулярной массы при линейной равновесной поликонденсации являются обратимость основной реакции, а также деструкция образовавшихся макромолекул в результате их побочных реакций с низкомолекулярными веществами.

Для достижения достаточно высоких значений молекулярной массы при обратимой поликонденсации необходимо тщательно удалять низкомолекулярный продукт реакции.

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.

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 суспензии.
- 7) Полимеризация винилацетата в растворе.
- 8) Сополимеризация стирола и метакриловой кислоты в суспензии.
- 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.

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 билетам к зачету.

Вопросы к зачету

1. Основные отличия ВМС от низкомолекулярных соединений.
2. Классификация и номенклатура ВМС.

3. Конфигурационные изомеры в макромолекулах монозамещенных 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. Вязкотекучее 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. Аутоингибирование 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.

По окончании обучения по курсу «Высокомолекулярные соединения» проводится промежуточная аттестация в форме зачета. К зачету обучающиеся получают перечень вопросов, из которых формируются КИМ по предмету. Накануне зачета проводится консультация, где студенты могут прояснить вопросы, освоение которых вызывает трудности. Приходя на зачет, 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 зачете используется – зачтено, не зачтено. Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области синтеза и свойств полимеров.	Повышенный уровень	Зачтено
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен определять оптимальные условия проведения анализа полимеров, допускает ошибки при описании конкретной аппаратуры, используемой в анализе полимеров.	Базовый уровень	Зачтено
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен определять оптимальные условия проведения анализа полимеров, не умеет устанавливать связь между знаниями основ химии и физики и областями применения этих знаний.	Пороговый уровень	Зачтено
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.	–	Не зачтено