

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.  
11.05.2022



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ФТД.В.01 Полимеры: синтез, структура и свойства**

**1. Код и наименование направления подготовки:**

04.03.02 Химия, физика и механика материалов

**2. Профиль подготовки:** химия, физика и механика функциональных материалов

**3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**4. 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 № 3 от 19.04.2022

**8. Учебный год:** 2024-2025

**Семестр:** 5

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

- дать представление о физических основах полимерного состояния, свойствах свободно сочлененной и реальной полимерных цепей, физических состояниях полимерных тел, их свойствах (упругость, вязкость, пластичность, текучесть), структуре кристаллических и аморфных полимерных тел, термических и хроматографических методах исследования полимеров.

*Задачи учебной дисциплины:*

- изучение закономерностей полимерного состояния вещества;  
- изучение свойств полимерных материалов, обусловленных особенностями длинноцепочечного строения вещества;  
- освоение теоретических основ вязкости, упругости, пластичности, текучести полимеров и методов их определения;  
- приобретение навыков использования теоретических положений и методов изучения полимеров для решения практических задач.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** курс входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений (вариативную) блока Б1, раздел ФТД (факультативы). Студент для освоения курса должен овладеть курсами математики, физики, физической химии, органической химии, аналитической химии иметь представления о методах анализа, владеть основными химическими, физико-химическими и физическими методами анализа. Студент должен владеть навыками эксперимента, работы на современной научной аппаратуре, методами регистрации и обработки результатов физико-химических экспериментов. Курс является предшествующим для курса «Высокомолекулярные соединения».

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен использовать знания о методах синтеза и свойствах материалов различного назначения, в том числе наноматериалов, для решения профессиональных задач	ПК-2.1	Выбирает методы синтеза материалов различного назначения (в том числе наноматериалов) в соответствии с поставленной задачей	Знать: - 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; - основные методы синтеза важнейших полимерных материалов. Уметь: - описывать процессы научно-технического развития полимерного материаловедения; - наиболее рационально выбирать полимерные материалы для решения практических задач; - 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 современ-
		ПК-2.2	Использует знания о свойствах материалов для решения конкретных профессиональных задач	

				ных технических устройств с использованием полимерных материалов; - навыками поиска и анализа информационных источников в изучаемой области.
--	--	--	--	---

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.**

**Форма промежуточной аттестации – зачет.**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			5 семестр	6 семестр	...
Контактная работа		36	36		
в том числе:	лекции	36	36		
	практические				
	лабораторные				
	курсовая работа				
Самостоятельная работа		36	36		
Промежуточная аттестация (для экзамена)					
Итого:		72	72		

**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	Полимерная цепь, идеальные и реальные цепи, свойства	Свободно сочлененная полимерная цепь, расстояние между концами, радиус инерции, вероятность распределения звеньев в пространстве. Гибкость полимерной цепи, сегмент Куна, персистентная длина, зависимость персистентной длины от строения полимера. Плотность полимерного клубка, реальные цепи, исключенный объем, понятие о $\theta$ -условиях	ЭУМК «Высокомолекулярные соединения» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2310">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2310</a>
2	Упругие и вязкие свойства полимерных тел	Упругость твердых тел (металлы, эластомеры), упругость идеального газа. Упругость идеального полимерного клубка и полимерной сетки, эффект Гуха-Джоуля. Ньютоновская жидкость, упруговязкая жидкость, модель Максвелла. Теория репаций, зависимость времени релаксации, вязкости от числа сегментов полимерной цепи. Модель Кельвина-Фойгта, упругость эластомеров. Упругий гистерезис, принцип температурно-временной суперпозиции.	
3	Физические состояния полимерных тел и их структура	Жидкокристаллические полимерные тела. Кристаллические полимеры, строение полимерного кристалла. Рентгеноструктурный анализ полимеров. Аморфные полимеры, термомеханические кривые. Стеклообразное и высокоэластическое состояние полимеров. Вязкотекучее состояние полимеров, пластификация.	
4	Деформация и разрушение полимеров	Деформационные свойства полимеров, ориентация. Теоретические и реальные прочность и упру-	

		гость кристаллических и аморфных полимеров. Механика и механизм разрушения полимеров, термофлуктуационный характер.	
5	Термические и хроматографические методы исследования полимеров	Термогравиметрия (ТГА), дериватография (ДТГ). Дифференциальный термический анализ (ДТА), дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Обратная газовая хроматография. Гель-проникающая (эксклюзионная) хроматография: принципы метода, устройство прибора.	

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Полимерная цепь, идеальные и реальные цепи, свойства	8	-	-	8	16
2	Упругие и вязкие свойства полимерных тел	8	-	-	8	16
3	Физические состояния полимерных тел и их структура	8	-	-	8	16
4	Деформация и разрушение полимеров	6	-	-	6	12
5	Термические и хроматографические методы исследования полимеров	6	-	-	6	12
Итого:		36			36	72

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

В учебном процессе используются следующие формы работы:

- проведение лекций,
- 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.

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.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «MOOK 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 .
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
6	Шишонок М.В. Структура полимерных тел/ М.В. Шишонок .— Минск : БГУ, 2003 .— 36 с.
7	Рабек Я. Экспериментальные методы в химии полимеров / Я.Рабек. - М. : Мир, 1983. - Ч.1. - 384 с.; -Ч.2. - 480 с.
8	Котова Д.Л. Термический анализ ионообменных материалов / Д.Л.Котова, В.Ф.Селеменев. - М.:Наука, 2002. - 158 с.
9	Сазанов Ю.Н. Термический анализ органических соединений / Ю.Н.Сазанов. - Л. : Наука, 1991. - 144 с.
10	Практикум по химии и физике полимеров / под ред. В.Ф.Куренкова. - М. : Химия, 1995. - 256 с.
11	Берштейн В.А. Дифференциальная сканирующая калориметрия в физикохимии полимеров / В.А.Берштейн, В.М.Егоров. - Л. : Химия, 1990. - 256 с.
12	Современные физические методы исследования полимеров / под ред. Г.Л.Слонимского. - М. : Химия, 1982. - 256 с.
13	Руководство к практическим работам по химии полимеров / под ред. Иванова В.С. - Л. : Изд-во ЛГУ, 1982. - 176 с.
14	Практикум по высокомолекулярным соединениям/под ред. В.А.Кабанова. - М., 1985. 224 с.
15	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.
16	Тагер А. А. Физикохимия полимеров / А. А. Тагер. - М.: Химия, 2007. - 544с.
17	Говарикер В. Р. Полимеры / В. Р. Говарикер, Н. В. Висванатхан, Дж. Шридхар. - М.: Иностран. лит., 1990. – 396 с.
18	Кабанов В. А. Комплексно-радикальная полимеризация/В. А. Кабанов, В. П. Зубов, Ю. Д. Семчиков. - М.: Наука, 1987. – 256 с.
19	Шур А. М. Высокомолекулярные соединения/А. М. Шур. - М.: Высш. шк., 1981. –656 с.

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

№ п/п	Ресурс
1.	"Университетская библиотека online", <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
2.	Электронно-библиотечная система "Консультант студента", <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>
3.	<a href="https://www.lib.vsu.ru">https://www.lib.vsu.ru</a> - Зональная научная библиотека ВГУ.
4.	<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).
5.	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a> - информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».
6.	<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.
7.	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** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Шестаков А.С. Физика полимеров : учебно-методическое пособие / А.С. Шестаков, Г.В. Шаталов ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2012 .— 53 с.
2	Модели идеальных полимерных цепей : учебно-методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т; сост. О.Е. Сидоренко .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2009 .— 55 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. Ноутбук
2. Мультимедийный проектор
3. Экран

**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	Полимерная цепь, идеальные и реальные цепи, свойства			Тестовые задания
2	Упругие и вязкие свойства полимерных тел			Домашние задания Коллоквиум
3	Физические состояния полимерных тел и их структура			Домашние задания
4	Деформация и разрушение полимеров			Домашние задания Коллоквиум
5	Термические и хроматографические методы исследования полимеров			Домашние задания

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				

## 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). 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: коллоквиум, тестовые задания.

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 лекционном 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. Зачет 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. Свободно сочлененная полимерная цепь, расстояние между концами, радиус инерции, вероятность распределения звеньев в пространстве
2. Гибкость полимерной цепи, сегмент Куна, персистентная длина, зависимость персистентной длины от строения полимера
3. Плотность полимерного клубка, реальные цепи, исключенный объем, понятие о  $\theta$ -условиях
4. Упругость твердых тел (металлы, эластомеры), упругость идеального газа
5. Упругость идеального полимерного клубка и полимерной сетки, эффект Гуха-Джоуля

6. Ньютоновская жидкость, упруговязкая жидкость, модель Максвелла
7. Теория репаций, зависимость времени релаксации, вязкости от числа сегментов полимерной цепи
8. Модель Кельвина-Фойгта, упругость эластомеров
9. Упругий гистерезис, принцип температурно-временной суперпозиции
10. Жидкокристаллические полимерные тела
11. Кристаллические полимеры, строение полимерного кристалла
12. Рентгеноструктурный анализ полимеров
13. Аморфные полимеры, термомеханические кривые
14. Стеклообразное и высокоэластическое состояние полимеров
15. Вязкотекучее состояние полимеров, пластификация
16. Деформационные свойства полимеров, ориентация
17. Теоретические и реальные прочность и упругость кристаллических и аморфных полимеров
18. Механика и механизм разрушения полимеров, термофлуктуационный характер
19. Термогравиметрия (ТГА), дериватография (ДТГ)
20. Дифференциальный термический анализ (ДТА), дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК)
21. Обращенная газовая хроматография
22. Гель-проникающая (эксклюзионная) хроматография: принципы метода, устройство прибора.

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