

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**

**Б1.В.ДВ.05.01 Строение и физико-химические свойства  
гибкоцепных полимеров**

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**  
04.03.01 Химия
- 2. Профиль подготовки/специализация:** теоретическая и экспериментальная химия
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра высокомолекулярных соединений и коллоидной химии
- 6. Составители программы:**  
Сидоренко Олег Евгеньевич, кандидат физико-математических наук
- 7. Рекомендована:** научно-методическим советом химического факультета,  
протокол № 3 от 19.04.2022
- 8. Учебный год:** 2025–2026 **Семестр(ы):** 8

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:** Данный курс ставит целью формирование у студента целостного представления о физико-химических свойствах полимеров в их связи с особенностями молекулярного строения и химическим строением.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Курс входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений. Для освоения курса студент должен быть знаком с основами физической химии, химии высокомолекулярных соединений, коллоидной химии.

**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
ПКВ-1	Способен проводить сбор, анализ и обработку научно-технической (научной) информации, необходимой для решения задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПКВ-1.1	Обеспечивает сбор научно-технической (научной) информации, необходимой для решения задач исследования, поставленных специалистом более высокой квалификации	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- источники научно-технической информации, журналы отечественной и международной научной периодики, основы поиска патентной информации.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять поиск научно-технической информации с использованием ресурсов сети Интернет, баз данных; оформлять отчет о результатах поиска информации.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- приемами поиска научно-технической информации и методами составления отчетов о результатах поиска;</li> <li>- навыками проведения химического эксперимента и оформления его результатов;</li> <li>- навыками планирования, анализа и обобщения результатов эксперимента.</li> </ul>
		ПКВ-1.2	Составляет аналитический обзор Литературных источников по заданной тематике, оформляет отчеты о выполнении научно-исследовательских задач по заданной форме	
ПКВ-3	Способен использовать современные экспериментальные и расчетно-теоретические методы для установления структуры и исследования реакционной способности химических соединений под руководством специалиста более высокой квалификации	ПКВ 3.1	Знает и может применять на практике современные экспериментальные методы для установления структуры химических соединений	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- логику исследования гибкоцепных полимеров;</li> <li>- взаимосвязь структуры полимеров с химическими и физическими свойствами для выявления прикладных свойств новых веществ и материалов.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>применять на практике современные методы исследования гибкоцепных полимеров.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками использования основ физико-химических расчетов для прогнозирования свойств различных полимеров;</li> <li>- способами управления структурно-механическими свойствами полимеров.</li> </ul>
		ПКВ-3.2	Способен изучать реакционную способность химических соединений с применением типовых экспериментальных и расчетно-теоретических методов	

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

**Форма промежуточной аттестации** зачет.

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		8 семестр		
Аудиторные занятия	72	72		
в том числе: лекции	36	36		
практические	36	36		
лабораторные	-	-		
Самостоятельная работа	36	36		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – ___ час.)	Зачет 0 ч	Зачет 0 ч		
Итого:	108	108		

#### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1	Гибкость полимерных цепей	Молекулярный и макроскопический уровни исследования полимеров. Макромолекула как малая макроскопическая система. Глобальные и локальные конформации полимерных цепей. Гибкость макромолекулы, их конфигурации и конформации. Свободносочлененная цепь. Длина и размеры макромолекулы. Термодинамический сегмент цепи. Среднеквадратичное состояние между концами цепи.	ЭУМК «Физико-химия полимеров» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3491">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3491</a>
2	Агрегатные, фазовые и физические состояния полимеров	Физические (релаксационные) состояния полимеров. Сегментальная подвижность и конформация макромолекулы. Стеклообразное, высокоэластическое и вязкотекучее состояние полимеров.	
3	Особенности кристаллизации полимеров. Свойства кристаллических полимеров	Кинетика кристаллизации полимера. Кристаллизация полимера в его высоковязком расплаве Кристаллиты и их особенности. Типы полимерных кристаллов	
4	Стеклообразное состояние полимеров.	Теория перехода полимеров в стеклообразное состояние. Уравнение Птицына.	
5	Высокоэластическое состояние полимеров.	Элементы статистической теории высокоэластичности. Уравнение Муни - Ривлина.	
6	Свойства полимерных диэлектриков	Полимерные диэлектрики и полупроводники. Механизм проводимости полимерных полупроводников.	
7	Полимеры с собственной электрической проводимостью	Основные классы полимеров с собственной проводимостью. Полисопряженные полимеры с вырожденными и невырожденными основными состояниями – основные представители	

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Гибкость полимерных	6	6	-	6	18

	цепей					
2	Агрегатные, фазовые и физические состояния полимеров	6	6	-	6	18
3	Особенности кристаллизации полимеров. Свойства кристаллических полимеров	4	4	-	4	12
4	Стеклообразное состояние полимеров.	6	6	-	6	18
5	Высокоэластическое состояние полимеров.	6	6	-	6	18
6	Свойства полимерных диэлектриков	4	4	--	4	12
7	Полимеры с собственной электрической проводимостью	4	4	-	4	12
Итого:		36	36	0	36	108

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

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

В учебном процессе используются следующие формы работы:

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

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 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 «MOOC 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 (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Тагер А.А. Физикохимия полимеров /А.А.Тагер. - М. : Научный мир, 2007, – 576 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения / В.Киреев. – М. : Высшая школа , 1992. – 512 с.
3	Манделькерн Л. Кристаллизация полимеров / Л.Манделькерн. – М.-Л. : Химия, 1966. – 336

	с.
4	Шур А.М. Высокмолекулярные соединения / А.М.Шур. – М. : Высшая школа, 1981. – 656 с.
5	Практикум по высокомлекулярным соединениям /под ред. В. А. Кабанова. - М.: Химия, 1985. -224с.
6	Рафиков С.Р.Введение в физикохимию растворов полимеров) С.Р. Рафиков, В.П. Будтов, Ю.Б. Монаков. – М. : Наука, 1978. 328 с.

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

№ п/п	Ресурс
7	<a href="https://www.lib.vsu.ru">https://www.lib.vsu.ru</a> - Зональная научная библиотека ВГУ.
8	<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).
9	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a> - информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».
10	<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.
11	ЭУМК «Физико-химия полимеров» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3491">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3491</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Модели идеальных полимерных цепей : учебно-методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т; сост. О.Е. Сидоренко .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2009 .— 55 с.
2	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.

## 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

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:

Компьютер с программным обеспечением, с выходом в Интернет, мультимедийная техника.

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Гибкость полимерных цепей	ПКВ-1 ПКВ-3	ПКВ-1.1 ПКВ-1.2 ПКВ-3.1 ПКВ-3.2	Домашние задания Тестовые задания
2	Агрегатные, фазовые и физические состояния полимеров	ПКВ-1 ПКВ-3	ПКВ-1.1 ПКВ-1.2 ПКВ-3.1 ПКВ-3.2	Домашние задания Практико-ориентированные задания Тестовые задания
3	Особенности кристаллизации полимеров. Свойства кристаллических полимеров	ПКВ-1 ПКВ-3	ПКВ-1.1 ПКВ-1.2 ПКВ-3.1 ПКВ-3.2	Домашние задания Тестовые задания
4	Стеклообразное состояние полимеров.	ПКВ-1 ПКВ-3	ПКВ-1.1 ПКВ-1.2 ПКВ-3.1 ПКВ-3.2	Домашние задания Практико-ориентированные задания Тестовые задания
5	Высокоэластическое состояние полимеров.	ПКВ-1 ПКВ-3	ПКВ-1.1 ПКВ-1.2 ПКВ-3.1 ПКВ-3.2	Домашние задания Тестовые задания
6	Свойства полимерных диэлектриков	ПКВ-1 ПКВ-3	ПКВ-1.1 ПКВ-1.2 ПКВ-3.1 ПКВ-3.2	Домашние задания Практико-ориентированные задания Тестовые задания
7	Полимеры с собственной электрической проводимостью	ПКВ-1 ПКВ-3	ПКВ-1.1 ПКВ-1.2 ПКВ-3.1 ПКВ-3.2	Домашние задания Практико-ориентированные задания Тестовые задания

## 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.

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

Для оценивания результатов обучения 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

## 20.2 Промежуточная аттестация

### Перечень вопросов к зачету:

1. Макромолекула как малая микроскопическая система: микроброуновское движение, величины характеризующие размеры макромолекулы. Конфигурация, локальные и глобальные конформации макромолекул.
2. Гибкость макромолекулы: поворотнo-изомерный механизм гибкости, барьеры вращения, их проницаемость. Персистентный механизм гибкости.
3. Модели полимерных цепей. Свободносочлененная модель полимерной цепи.
4. Модель полимерной цепи с фиксированным валентным углом.
5. Модель полимерной цепи с заторможенным внутренним вращением. Сегмент Куна. Экспериментальное определение величины сегмента Куна.
6. Персистентный механизм гибкости полимерной цепи. Персистентная модель полимерной цепи и ее характеристики. Персистентная длина как количественная характеристика гибкости полимерной цепи. Связь персистентной длины с величиной сегмента Куна.
7. Функция распределения для расстояний между концами идеальной полимерной цепи. Энтропия и свободная энергия идеальной полимерной цепи
8. Энтропия и свободная энергия идеальной полимерной цепи. Упругость идеальной полимерной цепи.
9. Кооперативный переход спираль-клубок.
10. Реальные полимерные цепи. Вычисление индекса Флори для реальной полимерной цепи
11. Скейлинговые законы. Шаблон скейлингового закона. Энтропия полимерной цепи захваченной полостью. Свободная энергия полимерной цепи захваченной полостью.
12. Скейлинговые законы. Упругость полимерной цепи - случай малых растяжений. Случай идеальной и реальной полимерной цепи.
13. Скейлинговые законы. Упругость полимерной цепи - случай больших растяжений. Блобы. Случай идеальной и реальной полимерной цепи.
14. Фазовые переходы первого и второго рода. Качественные отличия между фазовыми переходами первого и второго рода.
15. Представление о «тета» температуре.
16. Конформационные переходы в гидрогелях. Внутренняя и свободная энергия полимерной цепи.
17. Конформационные переходы в гидрогелях. Равновесная степень набухания полимерного клубка.
18. Переход клубок - глобула. Энтропия и свободная энергия полимерной цепи вблизи точки перехода.
19. Переход клубок - глобула. Анализ перехода для гибких молекул.
20. Переход клубок - глобула. Анализ перехода для жестких молекул.
21. Плотные и фрактальные геометрические объекты. Фрактальная размерность реального и идеального полимерного клубка, полимерной глобулы.
22. Агрегатные состояния низкомолекулярных и высокомолекулярных веществ. Характер теплового движения в низкомолекулярных и высокомолекулярных веществах.
23. Агрегатные, фазовые и физические состояния полимеров.
24. Особенности кристаллического состояния полимеров.
25. Надмолекулярная структура аморфных полимеров.
26. Надмолекулярная структура кристаллических полимеров. Степень кристалличности.
27. Надмолекулярная структура аморфных полимеров.
28. Кристаллизация полимеров. Уравнение Авраами - Колмогорова. Физический смысл входящих в него параметров.
29. Стеклование полимеров.
30. Действие нагрузки на полимер: термомеханическая кривая, физические состояния полимеров.

31. Виды деформации твердых тел. Энергетическая природа деформации низкомолекулярных твердых тел.
32. Статистическая теория высокоэластичности: энтропия и свободная энергия полимерной цепи.
33. Статистическая теория высокоэластичности: закон Гука для выделенной полимерной цепи.
34. Статистическая теория высокоэластичности: свободная энергия растянутых полимерных сеток.
35. Статистическая теория высокоэластичности: основное уравнение статистической теории высокоэластичности.
36. Эластичность реального каучука. Сравнение теории с экспериментом.
37. Релаксационные свойства полимеров: примеры релаксационных процессов для простых систем. Время релаксации.
38. Релаксационные процессы для сложных систем. Спектр времен релаксации. Основные релаксационные процессы в полимерных системах.
39. Релаксационный характер перехода полимера из высокоэластического состояния в стеклообразное. Теория Волькенштейна - Птицына.
40. Теория стеклообразного состояния Журкова.
41. Характеристики прочности материалов: предел прочности, долговечность, статическая и динамическая усталость материала. Теория Гриффитса.
42. Теория Гриффитса. Сопоставление теории Гриффитса с экспериментом.
43. Теория разрушения полимеров Журкова. Термофлуктуационный механизм разрушения полимеров.
44. Разрушение полимеров по Гулю и Бартеневу.
45. Явление вынужденной высокоэластичности. Уравнение Александрова.
46. Полисопряженные полимеры с вырожденными и невырожденными основными состояниями.

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 физико-химии полимеров.	Повышенный уровень	Зачтено
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен определять оптимальные условия проведения синтеза и анализа, допускает ошибки при описании конкретной аппаратуры, используемой в физико-химии полимеров.	Базовый уровень	Зачтено
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен определять оптимальные условия проведения физико-химии 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

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 выше.