

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой высокомолекулярных
соединений и коллоидной химии

/А.С. Шестаков/

01.07.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.05 Физика полимеров

1. Шифр и наименование направления подготовки:
04.06.01 «Химические науки»
2. Профиль подготовки: высокомолекулярные соединения
3. Квалификация (степень) выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь
4. Форма образования: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: высокомолекулярных соединений и коллоидной химии
6. Составители программы: Шестаков Александр Станиславович, д.х.н., доцент
7. Рекомендована: научно-методическим советом химического факультета, протокол № 5 от 17.06.21
8. Учебный год: 2024-2025 Семестр(-ы): 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины: 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.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: курс входит в число обязательных дисциплин вариативной части. Аспирант 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. Аспирант должен владеть навыками эксперимента, работы на современной научной аппаратуре, методами регистрации и обработки результатов физико-химических экспериментов.

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - типы информационных химических ресурсов, особенности структурной химической информации, методы поиска научной химической информации, формы представления научной и технической информации <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - осознанно использовать структурные данные (в т.ч. банки данных) в химическом исследовании, - пользоваться справочной литературой и привлекать материалы из сети Internet для решения профессиональных задач <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - приемами планирования и организации работ по решению конкретных задач профессиональной деятельности
ПК-3	владение основами теории фундаментальных разделов химии (прежде всего неорганической, аналитической, органической, физической, коллоидной, химии высокомолекулярных соединений, химии твердого тела и электрохимии)	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные теоретические представления в химических дисциплинах; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать тенденции в развитии химических дисциплин; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками поиска и обработки научной информации с использованием химических информационных ресурсов
ПК-6	способность производить квантово-механические расчеты и использовать их данные в исследованиях	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - способы выполнения квантово-механических расчетов; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить квантово-механические расчеты, применительно к изучаемым объектам; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками интерпретации полученных результатов квантово-механических расчетов.
ПК-12	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области химии высокомолекулярных соединений с использованием современных методов ис-	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - типы информационных химических ресурсов, особенности структурной химической информации, методы поиска научной химической информации, формы представления научной и технической информации в химии высокомолекулярных соединений <p>Уметь:</p>

следования и информационно-коммуникационных технологий	- осознанно использовать структурные данные (в т.ч. банки данных) в химическом исследовании, пользоваться справочной литературой и привлекать материалы из сети Internet для решения профессиональных задач в химии высокомолекулярных соединений Владеть: - приемами планирования и организации работ по решению конкретных задач профессиональной деятельности в химии высокомолекулярных соединений
--	--

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 4/144.

Форма промежуточной аттестации - зачет.

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		7 семестр		...
Аудиторные занятия	-			
в том числе: лекции	-			
практические	-			
лабораторные	-			
Индивидуальные занятия	4	4		
Самостоятельная работа	140	140		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – ___ час.)	зачет – 0 час.			
Итого:	144	144		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
Индивидуальные занятия			
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 θ -условиях	ЭУМК «Физика полимеров» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13239
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 чис-	

		ла 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, пластикация.	
4	Деформация и разрушение полимеров	Деформационные свойства полимеров, ориентация. Теоретические и реальные прочность и упругость кристаллических и аморфных полимеров. Механика и механизм разрушения полимеров, термофлуктуационный характер.	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		ИЗ	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Полимерная цепь, идеальные и реальные цепи, свойства	1	-	-	35	36
2	Упругие и вязкие свойства полимерных тел	1	-	-	35	36
3	Физические состояния полимерных тел и их структура	1	-	-	35	36
4	Деформация и разрушение полимеров	1	-	-	35	36
Итого:		4			140	144

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.)

Организация изучения дисциплины предполагает:

- изучение основных и дополнительных литературных источников;
- решение практических задач, предложенных преподавателем для работы на индивидуальных занятиях;
- выполнение контрольных работ;
- тестирование;
- текущий контроль успеваемости в форме устного опроса по основным разделам дисциплины.

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	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	Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения / В.В. Киреев .— Москва : Юрайт, 2013 .— 602 с.
3	Модели идеальных полимерных цепей : учебно-методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т; сост. О.Е. Сидоренко .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2009 .— 55 с.
4	Кузнецов В.А. Практикум по высокомолекулярным соединениям : учебное пособие / В.А. Кузнецов ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2014 .— 165 с.
5	Семчиков Ю.Д. Введение в химию полимеров / Ю.Д. Семчиков, С.Ф. Жильцов, С.Д. Зайцев .— Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2012 .— 222 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
6	Рабек Я. Экспериментальные методы в химии полимеров / Я.Рабек. - М. : Мир, 1983. - Ч.1. - 384 с.; -Ч.2. - 480 с.
7	Котова Д.Л. Термический анализ ионообменных материалов / Д.Л.Котова, В.Ф.Селеменев. - М.:Наука, 2002. - 158 с.
8	Сазанов Ю.Н. Термический анализ органических соединений / Ю.Н.Сазанов. - Л. : Наука, 1991. - 144 с.
9	Практикум по химии и физике полимеров / под ред. В.Ф.Куренкова. - М. : Химия, 1995. - 256 с.
10	Берштейн В.А. Дифференциальная сканирующая калориметрия в физикохимии полимеров / В.А.Берштейн, В.М.Егоров. - Л. : Химия, 1990. - 256 с.
11	Современные физические методы исследования полимеров / под ред. Г.Л.Слонимского. - М. : Химия, 1982. - 256 с.
12	Руководство к практическим работам по химии полимеров / под ред. Иванова В.С. - Л. : Изд-во ЛГУ, 1982. - 176 с.
13	Практикум по высокомолекулярным соединениям / под ред. В.А.Кабанова. - М., 1985. 224 с.
14	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) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

№ п/п	Ресурс
15	"Университетская библиотека online", http://biblioclub.ru/
16	Электронно-библиотечная система "Консультант студента", http://www.studmedlib.ru
17	https://www.lib.vsu.ru - Зональная научная библиотека ВГУ.
18	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).
19	http://window.edu.ru/ - информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».
20	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.
21	ЭУМК «Физика полимеров» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13239

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

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 соц-сетях, посредством электронной почты, мессенджеров.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)
ноутбук

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-1	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - типы информационных химических ресурсов, особенности структурной химической информации, методы поиска научной химической информации, формы представления научной и технической информации <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - осознанно использовать структурные данные (в т.ч. банки данных) в химическом исследовании, - пользоваться справочной литературой и привлекать материалы из сети Internet для решения профессиональных задач <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - приемами планирования и организации 	Тема 1 Полимерная цепь, идеальные и реальные цепи, свойства	опрос

	работ по решению конкретных задач профессиональной деятельности		
ПК-3	Знать: - основные теоретические представления в химических дисциплинах	Тема 2 Упругие и вязкие свойства полимерных тел	
	Уметь: - анализировать тенденции в развитии химических дисциплин		
	Владеть: - навыками поиска и обработки научной информации с использованием химических информационных ресурсов		
ПК-6	Знать: - способы выполнения квантово-механических расчетов	Тема 3 Физические состояния полимерных тел и их структура	опрос
	Уметь: - проводить квантово-механические расчеты, применительно к изучаемым объектам		
	Владеть: - навыками интерпретации полученных результатов квантово-механических расчетов.		
ПК-12	Знать: - типы информационных химических ресурсов, особенности структурной химической информации, методы поиска научной химической информации, формы представления научной и технической информации в химии высокомолекулярных соединений	Тема 4 Деформационные свойства полимеров, ориентация. Теоретические и реальные прочность и упругость кристаллических и аморфных полимеров. Механика и механизм разрушения полимеров, термофлуктуационный характер.	опрос
	Уметь: - осознанно использовать структурные данные (в т.ч. банки данных) в химическом исследовании, пользоваться справочной литературой и привлекать материалы из сети Internet для решения профессиональных задач в химии высокомолекулярных соединений		
	Владеть: - приемами планирования и организации работ по решению конкретных задач профессиональной деятельности в химии высокомолекулярных соединений		
Промежуточная аттестация			КИМ

* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание предметной области химии высокомолекулярных соединений в соответствии с паспортом научной специальности 02.00.06 Высокомолекулярные соединения; молекулярная физика полимерных цепей, их конфигурации и конформации, размеры и формы макромолекул, молекулярно-массовое распределение полимеров; химические превращения полимеров; физические состояния и фазовые переходы в высокомолекулярных соединениях. Реологию полимеров и композитов;

- 2) умение сформулировать цели и задачи научного исследования в области высокомолекулярных соединений и предложить методологию его проведения;
- 3) умение выбрать необходимые методы исследования и обосновать их применимость для решения поставленной задачи в области химии высокомолекулярных соединений;
- 4) владение современными методами физико-химических исследований в области высокомолекулярных соединений;
- 5) владение навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

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
Аспирант отвечает на вопрос в билете, отвечает на дополнительные вопросы.	Повышенный, базовый, пороговый уровень	Зачтено
Аспирант не отвечает на вопрос в билете и на дополнительные вопросы.	-	Не зачтено

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

№ п/п	Перечень вопросов
01	Особенности полимерного состояния вещества, классификация и номенклатура полимеров, стереохимия
02	Молекулярно-массовые характеристики, методы определения молекулярной массы
03	Свободно сочлененная полимерная цепь, расстояние между концами, радиус инерции, вероятность распределения звеньев в пространстве
04	Гибкость полимерной цепи, сегмент Куна, персистентная длина, зависимость персистентной длины от строения полимера
05	Плотность полимерного клубка, реальные цепи, исключенный объем, понятие о θ -условиях
06	Упругость твердых тел (металлы, эластомеры), упругость идеального газа
07	Упругость идеального полимерного клубка и полимерной сетки, эффект Гуха-Джоуля
08	Ньютоновская жидкость, упруговязкая жидкость, модель Максвелла
09	Теория репаций, зависимость времени релаксации вязкости от числа сегментов полимерной цепи
10	Модель Кельвина-Фойгта, упругость эластомеров
11	Упругий гистерезис, принцип температурно-временной суперпозиции
12	Кристаллические полимеры, строение полимерного кристалла,
13	Аморфные полимеры, термомеханические кривые
14	Стеклообразное и высокоэластическое состояние полимеров, теории стеклования,
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, ударная прочность полимеров

19.3.2 Тестовые задания (пример)

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой ВМСК
Шестаков А.С.
_____.____.2016

Направление подготовки 04.06.01 – химические науки

Дисциплина физика полимеров

Вид контроля зачет

Контрольно-измерительный материал №1

Свободно сочлененная полимерная цепь, расстояние между концами, радиус инерции, вероятность распределения звеньев в пространстве

Преподаватель _____ Шестаков А.С.

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

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 и тестирования. 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.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше. При реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий оценки за экзамен/зачет могут быть выставлены по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре.