

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.  
15.06.2018



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.13 Физико-химия полимеров**

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**  
04.03.01 Химия
- 2. Профиль подготовки/специализация:** органическая и полимерная 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 № 5 от 24.05.2018
- 8. Учебный год:** 2021–2022 **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 блок Б1, вариативную часть. 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):**

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК 2	Владение навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций	<p>знать: основные методы исследования полимеров; химические, физико-химические и физические основы создания конструкционных и функциональных полимерных материалов; способы синтеза полимеров.</p> <p>уметь: определять и рассчитывать размеры макромолекул; оценивать основные физико-механические параметры полимеров; оценивать состав конечного полимера после протекания химических реакций; рассчитывать степень сшивки полимерной сетки.</p> <p>Владеть: приемами регулирования реакций синтеза полимеров, изомерии и молекулярно-массовых характеристик конечного материала путем изменения концентраций компонентов, температуры, качества растворителя и т.д.; методами моделирования макромолекул и расчетными процедурами оценки их размеров; принципами направленной модификации химической структуры полимера для придания нужных свойств; методологией создания новых полимерных материалов.</p>
ПК-1	Способность выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам	<p>знать: основные процессы полимеризации и поликонденсации; необходимые условия для их проведения; методы их осуществления, преимущества и недостатки методов.</p> <p>уметь: проводить полимеризацию или поликонденсацию в различных условиях, оценивать влияние условий процесса на величину молекулярной массы полимера; определять кинетические параметры процессов; определять тип полимеризации.</p> <p>Владеть: навыками проведения эксперимента по синтезу полимеров; приемами регулирования состава сополимеров; методами расчета термодинамических параметров.</p>
ПК-2	Владение базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	<p>знать: физико-химические основы методов исследования полимеров.</p> <p>уметь: определять молекулярно-массовые характеристики методами вискозиметрии, осмометрии, динамического рассеяния света и т.д.</p> <p>владеть: основами физико-химических методов исследования полимеров; методологией расчета их основных характеристик</p>

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

**Форма промежуточной аттестации** зачет с оценкой.

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		8 семестр		
Аудиторные занятия	60	60		
в том числе: лекции	24	24		
практические				
лабораторные	36	36		
Самостоятельная работа	12	12		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – __ час.)	Зачет 0 ч	Зачет 0 ч		
Итого:	72	72		

#### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
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.
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 цепей	4	0	4	2	10
2	Агрегатные, фазовые и физические состояния полимеров	4	0	4	2	10
3	Особенности кристаллизации полимеров. Свойства кристаллических полимеров	4	0	4	2	10
4	Стеклообразное состояние полимеров.	4	0	6	2	12
5	Высокоэластическое состояние полимеров.	4	0	6	2	12
6	Свойства полимерных диэлектриков	4	0	6	1	11
7	Полимеры с собственной электрической проводимостью	4	0	6	1	11
Итого:		24	0	36	12	72

### 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.)

### 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. Высокомолекулярные соединения / А.М.Шур. – М. : Высшая школа, 1981. – 656 с.
5	Практикум по высокомолекулярным 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.

**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

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

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

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

- Весы аналитические HTR-220 CE Shinko VIBRA (НПВ 220 г дискретность 0.0001 г, встроен. калибр.) 3 шт.
- Рефрактометр ИРФ-454 Б2М
- Фотоколориметр КФК-3-0,1-50М3
- Перемешивающее устройство ES-8300 без штатива
- Ультразвуковой диспергатор "УЗД1-0,1/22"
- Лабораторные весы предел взвешивания 150 г. "BM 153" 3 шт.
- Насос вакуумный пластинчато-роторный "2НВР-5ДМ"
- Испаритель ротационный ULAB "UL-2000E"
- Рефрактометр дифференциальный RIDK- 101
- рН-метр «Эксперт - рН»
- Перемешивающее устройство ИКА
- Центрифуга «CENTRIFUGE MPW-340»
- Центрифуга «CENTRIFUGE MPW-310»
- Микроскоп PZO
- Перемешивающее устройство «Laboratory shaker type 358S»

## 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 2	Знать: основные методы исследования полимеров; химические, физико-химические и физические основы создания конструкционных и функциональных полимерных материалов; способы синтеза полимеров.	Владение навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций	Ситуационная задача
	Уметь: определять и рассчитывать размеры макромолекул; оценивать основные физико-механические параметры полимеров; оценивать состав конечного полимера после протекания химических реакций; рассчитывать степень сшивки полимерной сетки		Ситуационная задача
	Владеть: приемами регулирования реакций синтеза полимеров, изомерии и молекулярно-массовых характеристик конечного материала путем изменения концентраций компонентов, температуры, качества растворителя и т.д.; методами моделирования макромолекул и расчетными процедурами оценки их размеров; принципами направленной модификации химической структуры полимера для придания нужных свойств; методологией создания новых полимерных материалов.		Практическое задание
ПК 1	Знать: основные процессы полимеризации и поликонденсации; необходимые условия для их проведения; методы их осуществления, преимущества и недостатки методов.	Способность выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам	Ситуационная задача
	Уметь: проводить полимеризацию или поликонденсацию в различных условиях, оценивать влияние условий процесса на величину молекулярной массы полимера; определять кинетические параметры процессов; определять тип полимеризации.		Практическое задание
	Владеть: навыками проведения эксперимента по синтезу полимеров; приемами регулирования состава сополимеров; методами расчета термодинамических параметров.		Курсовая работа
ПК 2	Знать: физико-химические основы методов исследования полимеров.	Владение базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	Ситуационная задача
	Уметь: определять молекулярно-массовые характеристики методами вискозиметрии, осмометрии, динамического рассеяния света и т.д.		Практическое задание
	Владеть: основами физико-химических методов исследования полимеров; методологией расчета их основных характеристик		Практическое задание
<b>Промежуточная аттестация</b>			<b>КИМ</b>

\* 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 экзамене/зачете используются следующие показатели:

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

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

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

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

### 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 экзамену (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 Александра.
46. Полисопряженные полимеры с вырожденными и невырожденными основными состояниями.

### **19.3.2 Перечень практических заданий**

### **19.3.4 Тестовые задания**

### **19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ**

### **19.3.5 Темы курсовых работ**

### **19.3.6 Темы рефератов**

## **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 (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.