

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

Институт биологии и экологии  
(Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
И.Н. Смирнова  
20 21 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

(наименование дисциплины)

**направление подготовки / специальность  
04.03.01 «Химия»**

(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки  
Химический анализ, химическая и экологическая экспертиза объектов окружающей среды**  
(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир

2021

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения: изучение особенностей строения высокомолекулярных соединений, уникальности их физических свойств.

Задачи: изучение теоретических аспектов физико - химии полимеров, определению физических свойств полимеров, их растворов и расплавов в лабораторных условиях.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРУ ОПОП

Дисциплина «Высокомолекулярные соединения» изучается в части, формируемой участниками образовательных отношений.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПОДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код формируемых компетенций)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции	Результат обучения по дисциплине	
ПК-3 Планировать и разрабатывать оптимальный алгоритм анализа сырья, промежуточной и готовой продукции с применением современных технологических средств	<i>ПК-3.1.</i> Знает правила использования оборудования, средств измерений и контроля согласно требованиям инструкции по эксплуатации; <i>ПК-3.2.</i> Умеет контролировать технологический процесс производства химических веществ в период его освоения; <i>ПК-3.3.</i> Владеет навыками использования методов изучения состава и структуры исследуемого сырья, промежуточной и готовой продукции	<b>Знает:</b> правила использования оборудования синтеза и переработки высокомолекулярных соединений; <b>Умеет:</b> контролировать технологический процесс получения высокомолекулярных соединений; <b>Владеет:</b> навыками использования методов изучения состава и структуры исследуемого сырья, промежуточной и готовой продукции в синтезах и переработки ВМС	Тестовые вопросы; эссе
ПК-4 Способен разрабатывать методики физико-химических методов анализ растворов, материалов и иных объектов в соответствии с требованиями технологической документации	ПК-4.1 Стандарты, методики и инструкции, определяющие порядок разработки и оформления отчетной документации по результатам исследований и разработок; ПК-4.2. Умеет выбирать методы, инструменты и оборудование для проведения химического анализа; ПК-4.3. Владеет современными методами проведения экспериментов и наблюдений в области профессиональной деятельности	<b>Знает:</b> Стандарты, методики и инструкции, определяющие порядок разработки и оформления отчетной документации по результатам исследований и разработок свойств высокомолекулярных соединений; <b>Умеет:</b> выбирать методы, инструменты и оборудование для проведения химического анализа высокомолекулярных соединений; <b>Владеет:</b> Владеет современными методами проведения экспериментов и наблюдений в области профессиональной деятельности получения полимеров.	Тестовые вопросы; эссе

ПК-6 Способен производить лабораторные исследования, анализы отобранных проб и образцов для оценки экологического состояния объектов	ПК-6.1. Знает основы физико-химических методов исследования объектов окружающей среды; ПК-6.2. Умеет производить лабораторные исследования, замеры, анализы отобранных природных образцов; рассчитывать предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ техногенного характера; работать на аналитическом лабораторном оборудовании ПК-6.3. Владеет методами проведения экологического мониторинга	<b>Знает:</b> основы физико-химических методов исследования высокомолекулярных соединений; <b>Умеет:</b> производить лабораторные исследования, замеры, анализы отобранных природных образцов высокомолекулярных соединений, рассчитывать предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ техногенного характера получаемых полимеров; работать на аналитическом лабораторном оборудовании при взвешивании полимеров; <b>Владеет:</b> методами проведения экологического мониторинга процессов синтеза и переработки полимеров.	Тестовые вопросы; эссе
--	--	---	------------------------

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

##### Тематический план

##### Форма обучения - очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	В форме практической подготовки		
1.	<i>Раздел 1. Основные статистические характеристики макромолекул</i>	5	1-2	4		14	4	6	
	Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение полимеров								
	Гибкость цепей полимера	5	3	2			2	2	
2.	<i>Раздел 2. Фазовые и физические состояния, переходы и надмолекулярные структуры в полимерах</i>	5	4	2			2	4	
	Физические состояния, переходы и релаксация в полимерах								
	Кристаллическое состояние полимеров. Надмолекулярные структуры в полимерах								
	Высокоэластическое состояние полимеров	5	7-8	4		8	4	4	Рейтинг-контроль №1

	Стеклообразное состояние полимеров	5	9-10	2		6	3	4	
	Вязкотекучее состояние полимеров	5	11	4		6	4	4	Рейтинг-контроль №2
3.	<i>Раздел 3. Взаимодействие полимеров с жидкостями</i> Механизм взаимодействия полимера и жидкости	5	12-14	6		14	6	2	
4.	<i>Раздел 4. Свойства полимеров</i> Механические свойства полимеров	5	15-16	4		4	2	2	
	Электрические свойства полимеров	5	17	2		4	2	2	
	Теплофизические свойства полимеров	5	18	2		4	2	2	Рейтинг-контроль №3
<b>Всего за 6 семестр:</b>				<b>36</b>		<b>72</b>		<b>36</b>	<b>Экзамен (36ч)</b>
Наличие в дисциплине КП/КР						-			
<b>Итого по дисциплине</b>				<b>36</b>		<b>72</b>		<b>36</b>	<b>Экзамен (36ч)</b>

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

#### *Раздел 1 Основные статистические характеристики макромолекул*

*Тема 1. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение в полимерах.*

*Содержание темы.* Понятие молекулярной массы и молекулярно-массового распределения в полимерах. Полидисперсность полимеров по молекулярной массе, ее происхождение. Способы усреднения молекулярной массы полимеров. Среднечисловая, средневесовая и средневязкостная молекулярная масса.

Экспериментальные методы определения молекулярной массы и молекулярно-массового распределения полимеров. Осмометрия, светорассеяние, вискозиметрия. Интегральные и дифференциальные кривые молекулярно-массового распределения. Препаративные и аналитические методы изучения полидисперсности полимеров по молекулярной массе.

#### *Тема 2. Гибкость цепей полимеров*

*Содержание темы.* Геометрическая форма молекул. Конфигурация и конформация молекул. Внутреннее вращение атомных групп в молекулах. Потенциальный барьер вращения. Происхождение и сущность гибкости полимерных цепей. Понятие о термодинамической и кинетической гибкости. Характеристика конформаций макромолекул. Факторы, определяющие гибкость полимерной цепи. Сегмент - количественная мера гибкости цепи. Методы опреде-

ления величины сегмента. Экспериментальная оценка размера и формы макромолекул в разбавленных растворах полимеров.

*Раздел 2. Фазовые и физические состояния, переходы и надмолекулярные структуры в полимерах*

*Тема 1. Физические состояния, переходы и релаксация в полимерах.*

*Содержание темы.* Краткие сведения об агрегатных и фазовых состояниях вещества. Фазовые переходы первого и второго рода, кристаллизация и стеклование низкомолекулярных соединений.

Агрегатные и фазовые состояния полимеров. Физические состояния полимеров: стеклообразное, высокоэластическое, вязкотекучее и кристаллическое. Хрупкое и высокоориентированное состояния полимеров.

Переходы в полимерах. Температуры взаимных переходов физических, агрегатных и фазовых состояний. Термомеханический метод исследования полимеров. Термомеханические кривые полимеров (ТМК), их вид в зависимости от молекулярной массы, молекулярно-массового распределения и гибкости цепей полимеров. ТМК пластифицированных и наполненных полимеров,

Понятие о релаксации и релаксационных переходах в химических веществах. Релаксационные процессы в полимерах. Время релаксации и его зависимость от температуры и вида релаксирующего элемента. Времена релаксации в полимерах. Полимер - неравновесная система.

*Тема 2. Кристаллическое состояние полимеров. Надмолекулярные структуры в полимерах.*

*Содержание темы.* Способность полимеров к кристаллизации. Кинетика и механизм кристаллизации. Методы исследования кристаллизации. Температура плавления и кристаллизации полимеров, их взаимосвязь. Релаксация в кристаллизующихся полимерах. Кристаллизация и высокоэластичность. Термомеханические кривые кристаллизующихся полимеров. Особенности закристаллизованного состояния полимеров: специфика двухфазности, плотность упаковки цепей, полиморфизм, дефектность кристаллитов, влияние на механические и иные свойства.

Надмолекулярные структуры в закристаллизованных полимерах. Понятие надмолекулярных структур. Ранние представления о структуре полимеров. Монокристаллы полимеров: ламели, фибриллы, молекулярные кристаллы (глобулы). Кристаллизация в специфических условиях. Морфология монокристаллов. Сферолиты в полимерах и их строение. Надмолекулярные структуры в ориентированных и аморфных полимерах.

*Тема 3. Высокоэластическое состояние полимеров.*

*Содержание темы.* Гибкость цепей - основное условие существования высокоэластического состояния. Основы термодинамической и молекулярно-кинетической теории высокоэластичности. Релаксационная природа высокоэ-

ластичности: ползучесть и запаздывающая упругость, релаксация напряжения, гистерезисные явления. Моделирование высокоэластичности, роль механических моделей линейных полимеров в науке о полимерах.

Развитие деформации в зависимости от температуры и от времени приложения нагрузки. Принцип эквивалентности. Температурно-временная суперпозиция, уравнение ВЛФ. Спектр времен релаксации в полимерах.

*Тема 4. Стеклообразное состояние полимеров.*

*Содержание темы.* Температура стеклования и методы ее определения. Структурное и механическое стеклование. Релаксационный характер стеклования. Теории стеклования полимеров. Особенности полимерных стекол: свободный объем в полимерах, неравновесность состояния, зависимость свойств от предыстории полимера.

*Тема 5. Вязкотекучее состояние полимеров.*

*Содержание темы.* Механизм течения полимеров. Температура текучести и ее определение. Особенности вязкотекучего состояния полимеров. реологические уравнения. Кривые течения полимеров. Аномалия вязкости. Вязкость полимера и ее определение. Основные виды аномалии вязкости. Механизм аномалии вязкости.

*Раздел 3 Взаимодействие полимеров с жидкостями.*

*Тема 1. Механизм взаимодействия полимера и жидкости.*

*Содержание темы.* Растворимость полимеров. Механизм взаимодействия полимера и жидкости. Природа растворов полимеров. Набухание полимеров и его характеристика. Факторы, определяющие набухание и растворение полимеров. Особенности свойств растворов полимеров.

Взаимодействие молекул в растворах полимеров. Ассоциация и сольватация. Процесс структурообразования. Устойчивость полимерных материалов к растворителям. «Хорошие», «плохие» и  $\theta$  - растворители. Понятие о диаграммах температура - состав систем полимер - растворитель с точки зрения правила фаз Гиббса. Критерии взаимодействия полимеров с растворителем.

Явление пластификации. Пластификаторы, их типы. Требования к пластификаторам как растворителям для полимеров. Совместимость в системе полимер - пластификатор и ее характеристика. Влияние пластификаторов на температуры стеклования и текучести. Методы введения пластификатора в полимер. Внутренняя пластификация. Антипластификация.

Взаимная растворимость полимеров. Совместимость в системе полимер-полимер.

*Раздел 4 Свойства полимеров.*

*Тема 1. Механические свойства полимеров.*

*Содержание темы.* Упругие характеристики полимеров. Ползучесть и релаксация напряжения. Деформационно-прочностные свойства и разрушение

полимеров. Деформационные кривые полимеров. Прочность, долговечность и разрушение полимеров. Теплостойкость. Твердость. Трение. Истирание и износ.

*Тема 2. Электрические свойства полимеров.*

*Содержание темы.* Свойства полимерных диэлектриков. диэлектрическая проницаемость. Электропроводность, удельное электрическое сопротивление. Прочность на пробой.

*Тема 3. Теплофизические свойства полимеров*

*Содержание темы.* Теплопроводность. Теплоемкость. Температуропроводность.

### **Содержание лабораторных занятий по дисциплине**

*Раздел 1 Основные статистические характеристики макромолекул*

*Тема 1. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение полимеров*

*Содержание лабораторных занятий.* Определение молекулярной массы полимеров

*Раздел 2. Фазовые и физические состояния, переходы и надмолекулярные структуры в полимерах*

*Тема 2. Кристаллическое состояние полимеров. Надмолекулярные структуры в полимерах*

*Содержание лабораторных занятий.* Изучение надмолекулярных структур в полимерах

*Тема 3,4,5. Высокоэластическое состояние полимеров. Стеклообразное состояние полимеров. Вязкотекучее состояние полимеров.*

*Содержание лабораторных занятий.* Изучение термомеханической кривой в разных полимерах

*Раздел 3 Взаимодействие полимеров с жидкостями.*

*Тема 1. Механизм взаимодействия полимера и жидкости.*

*Содержание лабораторных занятий.* Изучение процесса набухания полимеров.

*Раздел 4 Свойства полимеров.*

*Тема 1. Механические свойства полимеров.*

*Содержание лабораторных занятий.* Изучение релаксационных свойств полимерных материалов

*Тема 2. Электрические свойства полимеров.*

*Содержание лабораторных занятий.* Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь полимеров.

*Тема 3. Теплофизические свойства полимеров*

*Содержание лабораторных занятий.* Определение теплофизических свойств полимеров (теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность) методом двух температурно-временных интервалов.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **5.1. Текущий контроль успеваемости:**

*вопросы к рейтинг-контролю №1*

1. Объясните, по каким причинам понятия молекулы и молекулярной массы для полимеров отличаются от таковых для низкомолекулярных соединений.
2. Поясните способы усреднения молекулярной массы полимеров. Дайте понятия среднечисловой, среднемассовой (средневесовой), средневязкостной и других средних молекулярных масс полимера. Как они соотносятся друг с другом?
3. Что такое полидисперсность (полимолекулярность) полимера и каковы причины ее возникновения? Способы представления полидисперсности.
4. Объясните, что такое конфигурация и конформация молекулы органического соединения. Что является причиной их существования?
5. Обоснуйте происхождение гибкости макромолекулы (полимерной цепи). Почему реальная полимерная цепь не является предельно гибкой (свободно-сочлененной)?
6. Какова форма макромолекулы в разбавленных растворах полимеров и почему именно такую форму принимают полимерные цепи?
7. Что является мерой гибкости реальных цепей? Обоснуйте понятия равновесной (термодинамической) и кинетической гибкости.
8. Изложите методы экспериментального определения величины термодинамического и кинетического сегмента цепи.
9. Дайте количественные характеристики гибкости полимерной цепи. Объясните, почему предложены разные модели полимерных цепей.
10. Среднечисловая молекулярная масса полимеров и ее определение.
11. Среднемассовая молекулярная масса полимеров и ее определение.
12. Молекулярная масса и ММР полимеров: сущность и способы усреднения.
13. Средневязкостная молекулярная масса полимеров и ее определение.
14. Сегмент как мера гибкости цепи. Методы определения сегмента.
15. Форма макромолекул в реальных полимерах.



16. Происхождение и сущность гибкости полимерных цепей.
17. Интегральное ММР в полимерах и его изучение.
18. Факторы, определяющие гибкость цепей полимера.
19. Экспериментальные методы изучения конформации макромолекул.
20. Нахождение гибкости цепей реальных полимеров по характеристической вязкости растворов полимера.
21. Характеристики гибкости реальных полимерных цепей.
22. Дифференциальное ММР в полимерах и его изучение.
23. Внутреннее вращение в макромолекулах.
24. Происхождение и сущность гибкости полимерных цепей.
25. Теории термодинамической и кинетической гибкости цепей полимера.
26. Сегмент как мера гибкости реальной Цепи. Методы определения сегмента.
27. Конформационные характеристики гибкости полимерных цепей и их нахождение по характеристической вязкости растворов полимеров.
28. Молекулярная масса полимеров и методы ее определения.
29. Модули упругости полимеров и их зависимость от различных внутренних и внешних факторов.
30. Зависимость ползучести и релаксации напряжения полимеров от внешних и внутренних факторов Кельвина-Фоггта, Бюргерса.

#### *вопросы к рейтинг-контролю №2*

1. Дайте определения понятий об агрегатных и фазовых состояниях низкомолекулярных веществ. Что положено в основу деления веществ по состояниям?
2. Какие бывают и чем различаются между собой агрегатные, фазовые и физические состояния полимеров?
3. Что такое релаксационный процесс? Дайте количественные характеристики релаксационного процесса.
4. Дайте классификацию релаксационных процессов в полимерах.
5. Что понимают под фазовым и физическим переходом в веществе? Поясните фазовые переходы I и II рода.
6. Дайте определения и характеристики термомеханических кривых аморфных и закристаллизованных полимеров.
7. Дайте общую характеристику кристаллического состояния вещества, его отличия от аморфного вещества.
8. Что такое степень кристалличности и какие известны методы ее определения? Какова степень кристалличности у полимеров?

9. Перечислите и поясните 5 характерных особенностей закристаллизованного состояния полимеров.
10. Дайте определение понятия "надмолекулярные структуры в полимерах" и укажите методы исследования этих структур.
11. Дайте характеристику стеклообразного состояния полимеров с точки зрения агрегатного и фазового состояния вещества.
12. Что такое лауэграммы, дебаеграммы, текстуррентгенограммы, аморфное гало? Поясните примерами.
13. Перечислите типы монокристаллов полимеров. Почему кристаллы полимеров чаще называют кристаллитами?
14. Дайте характеристику ламели. В каких условиях образуются монокристаллы ламелярного типа?
15. Дайте схему кристаллизации полимера по ламелярному типу.
16. Когда у полимеров возможно образование фибриллярных и глобулярных монокристаллов?
17. Что известно вам о сферолитах полимеров?
18. Расскажите о надмолекулярных структурах в полимерных волокнах и ориентированных пленках.
19. Укажите основное отличие высокоэластического полимера от обычных низкомолекулярных веществ, его агрегатное и фазовое состояния.
20. В каких свойствах полимера проявляется релаксационная природа высокоэластичности? Поясните смысл понятий "ползучесть полимера", "релаксация напряжений" и "гистерезисные явления".
21. Агрегатные, фазовые и физические состояния и температурные переходы в полимерах.
22. Термодинамическая и молекулярно-кинетическая теории высокоэластичности полимеров.
23. Ползучесть, релаксация напряжения и упругий гистерезис у линейных (несшитых) и сшитых полимеров - доказательство релаксационной природы эластичности полимеров.
24. Термомеханические кривые (ТМК) аморфных и закристаллизованных полимеров.
25. Механизм и кинетика кристаллизации полимеров.
26. ТМК кристаллических полимеров с разной степенью кристалличности.
27. Монокристаллы в полимерах - ламели, фибриллы, шиш-кебабы, глобулярные монокристаллы.
28. Сферолиты в полимерах.
29. Деформационные кривые стеклообразных и высокоэластических полимеров.

30. Деформационные кривые закристаллизованных и хрупких полимеров.
31. Что положено в основу выделения стеклообразного состояния как одного из физических состояний полимера.
32. От каких внешних и внутренних факторов зависит температура стеклования полимера? Раскройте эти зависимости.
33. Изложите различные типы процессов стеклования.
34. Какие имеются теории структурного стеклования и в чем состоит их сущность?
35. Перечислите и раскройте содержание трех основных особенностей стеклообразного состояния полимеров.

*вопросы к рейтинг-контролю №3*

1. Какие системы могут давать полимер и растворитель? Дайте краткую и самую общую характеристику этих систем.
2. Какие вещества называют пластификаторами? Перечислите требования, предъявляемые к пластификаторам.
3. Изложите механизм взаимодействия полимера и жидкости. Что является критерием сродства полимера и жидкости?
4. Перечислите и объясните отличия свойств растворов полимеров от растворов низкомолекулярных соединений.
5. Какими параметрами характеризуют способность полимера к набуханию и пластификации? Как оценивают пластифицирующее действие пластификатора?
6. Объясните явление антипластификации.
7. Расскажите, какие факторы влияют на растворимость полимеров. Можно ли предсказать растворители для конкретного полимера и условия для реализации этого предсказания?
8. Объясните, какие растворители являются  $\theta$ -растворителями.
9. Изложите теории пластификации полимеров.
10. Реологические уравнения (теоретические и эмпирические). Кривые течения полимеров.
11. Температура плавления и кристаллизации полимеров. Их определение и взаимосвязь.
12. Растворители и Пластификаторы для полимеров. Свойства растворов полимеров. Факторы, определяющие растворимость полимеров. «Хорошие», «плохие» и  $\theta$ -растворители.
13. Пластификаторы для полимеров. Совместимость полимера с пластификатором. Критерии совместимости. Теории пластификации полимеров.
14. Механизм взаимодействия полимера и жидкости. Качество растворителя. Характеристика набухания полимеров.
15. Дайте определение механических свойств полимеров.

16. Перечислите основные структурные параметры и внешние факторы, определяющие специфику механического поведения полимеров.
17. Дайте определение модулей упругости полимеров и расскажите принципы их экспериментального определения.
18. Что характеризует коэффициент Пуассона и для чего он применяется?
19. Дайте определение ползучести и релаксации напряжения в полимерах.
20. Изложите принцип метода динамических механических исследований полимеров.
21. Расскажите, как получить деформационную кривую полимера. Какие механические характеристики изучают при деформационно-прочностных испытаниях полимеров?
22. Изобразите на рисунке и охарактеризуйте деформационные кривые стеклообразного и высококристаллического полимеров, их сходство и различие.
23. Влияет ли и как молекулярное строение полимера на его прочность?
24. Объясните влияние пластификаторов и наполнителей на прочность полимера.
25. Что называют долговечностью полимера и от чего она зависит?
26. Дайте классификацию полимерных материалов по способности проводить электрический ток.
27. Введите понятие диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь полимеров.
28. Какие факторы влияют на диэлектрические потери в полимерах ?
29. Что такое статическое электричество и как с ним бороться?
30. Дайте понятие прочности на пробой и дугостойкости.
31. Дайте общую характеристику теплофизических свойств полимера, как они обозначаются и размерность.
32. Как экспериментально определить теплоемкость полимеров, зависимость ее от температуры и других факторов?
33. Какими путями можно изучить теплопроводность полимера?
34. Дайте определение коэффициентов объемного и линейного расширения веществ.
35. Практическое применение теплофизических характеристик полимеров.

## 5.2. Промежуточная аттестация:

### *Вопросы для проведения экзамена*

1. Объясните, по каким причинам понятия молекулы и молекулярной массы для полимеров отличаются от таковых для низкомолекулярных соединений.
2. Поясните способы усреднения молекулярной массы полимеров. Дайте понятия среднечисловой, среднемассовой (средневесовой), средневязкостной и других средних молекулярных масс полимера. Как они соотносятся друг с другом?
3. Что такое полидисперсность (полимолекулярность) полимера и каковы причины ее возникновения? Способы представления полидисперсности.
4. Объясните, что такое конфигурация и конформация молекулы органического соединения. Что является причиной их существования?
5. Обоснуйте происхождение гибкости макромолекулы (полимерной цепи). Почему реальная полимерная цепь не является предельно гибкой (свободно-сочлененной)?
6. Какова форма макромолекулы в разбавленных растворах полимеров и почему именно такую форму принимают полимерные цепи?
7. Что является мерой гибкости реальных цепей? Обоснуйте понятия равновесной (термодинамической) и кинетической гибкости.
8. Изложите методы экспериментального определения величины термодинамического и кинетического сегмента цепи.
9. Дайте количественные характеристики гибкости полимерной цепи. Объясните, почему предложены разные модели полимерных цепей.
10. Среднечисловая молекулярная масса полимеров и ее определение.
11. Среднемассовая молекулярная масса полимеров и ее определение.
12. Молекулярная масса и ММР полимеров: сущность и способы усреднения.
13. Средневязкостная молекулярная масса полимеров и ее определение.
14. Сегмент как мера гибкости цепи. Методы определения сегмента.
15. Форма макромолекул в реальных полимерах.
16. Происхождение и сущность гибкости полимерных цепей.
17. Интегральное ММР в полимерах и его изучение.
18. Факторы, определяющие гибкость цепей полимера.
19. Экспериментальные методы изучения конформации макромолекул.
20. Нахождение гибкости цепей реальных полимеров по характеристической вязкости растворов полимера.
21. Характеристики гибкости реальных полимерных цепей.
22. Дифференциальное ММР в полимерах и его изучение.
23. Внутреннее вращение в макромолекулах.

24. Происхождение и сущность гибкости полимерных цепей.
25. Теории термодинамической и кинетической гибкости цепей полимера.
26. Сегмент как мера гибкости реальной Цепи. Методы определения сегмента.
27. Конформационные характеристики гибкости полимерных цепей и их нахождение по характеристической вязкости растворов полимеров.
28. Молекулярная масса полимеров и методы ее определения.
29. Модули упругости полимеров и их зависимость от различных внутренних и внешних факторов.
30. Зависимость ползучести и релаксации напряжения полимеров от внешних и внутренних факторов Кельвина-Фоггта, Бюргерса.
31. Дайте определения понятий об агрегатных и фазовых состояниях низкомолекулярных веществ. Что положено в основу деления веществ по состояниям?
32. Какие бывают и чем различаются между собой агрегатные, фазовые и физические состояния полимеров?
33. Что такое релаксационный процесс? Дайте количественные характеристики релаксационного процесса.
34. Дайте классификацию релаксационных процессов в полимерах.
35. Что понимают под фазовым и физическим переходом в веществе? Поясните фазовые переходы I и II рода.
36. Дайте определения и характеристики термомеханических кривых аморфных и закристаллизованных полимеров.
37. Дайте общую характеристику кристаллического состояния вещества, его отличия от аморфного вещества.
38. Что такое степень кристалличности и какие известны методы ее определения? Какова степень кристалличности у полимеров?
39. Перечислите и поясните 5 характерных особенностей закристаллизованного состояния полимеров.
40. Дайте определение понятия "надмолекулярные структуры в полимерах" и укажите методы исследования этих структур.
41. Что такое лауэграммы, дебаеграммы, текстуррентгенограммы, аморфное гало? Поясните примерами.
42. Перечислите типы монокристаллов полимеров. Почему кристаллы полимеров чаще называют кристаллитами?
43. Дайте характеристику ламели. В каких условиях образуются монокристаллы ламелярного типа?
44. Дайте схему кристаллизации полимера по ламелярному типу.

45. Когда у полимеров возможно образование фибриллярных и глобулярных монокристаллов?
46. Что известно вам о сферолитах полимеров?
47. Расскажите о надмолекулярных структурах в полимерных волокнах и ориентированных пленках.
48. Укажите основное отличие высокоэластического полимера от обычных низкомолекулярных веществ, его агрегатное и фазовое состояния.
49. В каких свойствах полимера проявляется релаксационная природа высокоэластичности? Поясните смысл понятий "ползучесть полимера", "релаксация напряжений" и "гистерезисные явления".
50. Агрегатные, фазовые и физические состояния и температурные переходы в полимерах.
51. Термодинамическая и молекулярно-кинетическая теории высокоэластичности полимеров.
52. Ползучесть, релаксация напряжения и упругий гистерезис у линейных (несшитых) и сшитых полимеров - доказательство релаксационной природы эластичности полимеров.
53. Термомеханические кривые (ТМК) аморфных и закристаллизованных полимеров.
54. Механизм и кинетика кристаллизации полимеров.
55. ТМК кристаллических полимеров с разной степенью кристалличности.
56. Монокристаллы в полимерах - ламели, фибриллы, шпик-кебабы, глобулярные монокристаллы.
57. Сферолиты в полимерах.
58. Деформационные кривые стеклообразных и высокоэластических полимеров.
59. Деформационные кривые закристаллизованных и хрупких полимеров.
60. Дайте характеристику стеклообразного состояния полимеров с точки зрения агрегатного и фазового состояния вещества.
61. Что положено в основу выделения стеклообразного состояния как одного из физических состояний полимера.
62. От каких внешних и внутренних факторов зависит температура стеклования полимера? Раскройте эти зависимости.
63. Изложите различные типы процессов стеклования.
64. Какие имеются теории структурного стеклования и в чем состоит их сущность?
65. Перечислите и раскройте содержание трех основных особенностей стеклообразного состояния полимеров.

66. Какие системы могут давать полимер и растворитель? Дайте краткую и самую общую характеристику этих систем.
67. Какие вещества называют пластификаторами? Перечислите требования, предъявляемые к пластификаторам.
68. Изложите механизм взаимодействия полимера и жидкости. Что является критерием сродства полимера и жидкости?
69. Перечислите и объясните отличия свойств растворов полимеров от растворов низкомолекулярных соединений.
70. Какими параметрами характеризуют способность полимера к набуханию и пластификации? Как оценивают пластифицирующее действие пластификатора?
71. Объясните явление антипластификации.
72. Расскажите, какие факторы влияют на растворимость полимеров. Можно ли предсказать растворители для конкретного полимера и условия для реализации этого предсказания?
73. Объясните, какие растворители являются  $\theta$ -растворителями.
74. Изложите теории пластификации полимеров.
75. Реологические уравнения (теоретические и эмпирические). Кривые течения полимеров.
76. Температура плавления и кристаллизации полимеров. Их определение и взаимосвязь.
77. Растворители и Пластификаторы для полимеров. Свойства растворов полимеров. Факторы, определяющие растворимость полимеров. «Хорошие», «плохие» и  $\theta$ -растворители.
78. Пластификаторы для полимеров. Совместимость полимера с пластификатором. Критерии совместимости. Теории пластификации полимеров.
79. Механизм взаимодействия полимера и жидкости. Качество растворителя. Характеристика набухания полимеров.
80. Как оценивают пластифицирующее действие пластификатора?
81. Дайте определение механических свойств полимеров.
82. Перечислите основные структурные параметры и внешние факторы, определяющие специфику механического поведения полимеров.
83. Дайте определение модулей упругости полимеров и расскажите принципы их экспериментального определения.
84. Что характеризует коэффициент Пуассона и для чего он применяется?
85. Дайте определение ползучести и релаксации напряжения в полимерах.
86. Изложите принцип метода динамических механических исследований полимеров.



87. Расскажите, как получить деформационную кривую полимера. Какие механические характеристики изучают при деформационно-прочностных испытаниях полимеров?

88. Изобразите на рисунке и охарактеризуйте деформационные кривые стеклообразного и высококристаллического полимеров, их сходство и различие.

89. Влияет ли и как молекулярное строение полимера на его прочность?

90. Объясните влияние пластификаторов и наполнителей на прочность полимера.

91. Что называют долговечностью полимера и от чего она зависит?

92. Дайте классификацию полимерных материалов по способности проводить электрический ток.

93. Введите понятие диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь полимеров.

94. Какие факторы влияют на диэлектрические потери в полимерах ?

95. Что такое статическое электричество и как с ним бороться?

96. Дайте понятие прочности на пробой и дугостойкости.

97. Дайте общую характеристику теплофизических свойств полимера, как они обозначаются и размерность.

98. Как экспериментально определить теплоемкость полимеров, зависимость ее от температуры и других факторов?

99. Какими путями можно изучить теплопроводность полимера?

100. Практическое применение теплофизических характеристик полимеров.

### **5.3. Самостоятельная работа обучающегося:**

Самостоятельная работа студентов заключается в подготовке к лекциям с использованием конспектов и рекомендованной литературы, подготовке к лабораторным занятиям и оформлении отчетов по лабораторным работам с использованием рекомендованной литературы и методических указаний, подготовке к текущему контролю и промежуточному контролю знаний, изучении части теоретического материала дисциплины, которая в лекционном курсе не рассмотрена или рассмотрена недостаточно подробно.

#### *Вопросы для СРС*

1. Изложите принципы препаративного и аналитических методов изучения молекулярно-массового распределения. Как идет построение дифференциальных и интегральных кривых распределения? Поясните примерами.

2. По экспериментальным результатам для нахождения молекулярной массы полимера, предложенных Вам преподавателем или полученных Вами в лаборатории, рассчитайте молекулярную массу полимера.
3. По экспериментальным результатам фракционирования полимера, предложенных Вам преподавателем или полученных Вами в лаборатории, постройте кривые молекулярно-массового распределения этого полимера.
4. Напишите структурные формулы 4 - 6 распространенных полимеров. Расположите их в порядке возрастания гибкости цепей и обоснуйте такое их расположение.
5. Какими экспериментальными методами изучается гибкость индивидуальных макромолекул? Как из экспериментальных данных рассчитываются основные конформационные характеристики цепей?
6. Поясните дифференциальные и интегральные кривые молекулярно-массового распределения. Почему вид этих кривых зависит от способа усреднения молекулярной массы?
7. Что такое унимодальное и полимодальное ММР и каковы его причины?
8. Перечислите методы определения молекулярной массы полимеров. Что лежит в основе каждого метода? Подробно изложите один из них (для каждого способа усреднения молекулярных масс).
9. Поясните, почему изменяются конформации макромолекул при тепловом движении. Сколько конформаций может дать полимерная цепь и чем одна конформация отличается от другой?
10. Назовите факторы, определяющие гибкость макромолекул. Покажите их влияние на гибкость, в первую очередь - потенциального барьера внутреннего вращения.
11. Обоснуйте, почему для полимеров введено понятие "физические состояния". Чем они отличаются от физических и фазовых состояний низкомолекулярных веществ?
12. Объясните, в чем особенность релаксационных процессов в полимерах. Что такое релаксационный спектр полимера?
13. Чем отличаются переходы и температурные характеристики в полимерах от таковых у низкомолекулярных веществ. Ответ обоснуйте.
14. Поясните, какими способами можно закристаллизовать полимер и изучить процесс кристаллизации.
15. Каким условиям должен удовлетворять полимер, чтобы он был способен к кристаллизации? Обоснуйте каждое условие.
16. Объясните механизм кристаллизации полимеров и укажите пути возникновения центров кристаллизации.

17. Дайте описание кинетики кристаллизации полимеров и как по количественным характеристикам процесса кристаллизации судят о форме и строении кристаллитов.
18. Почему температура плавления полимера всегда не совпадает с его температурой кристаллизации? От чего зависит начало и конец плавления полимера, ширина интервала плавления?
19. Как соотносится равновесная температура плавления полимера с его температурой стеклования и температурой текучести?
20. Укажите различия рентгенограмм полимеров и низкомолекулярных веществ и объясните причины различия.
21. Изложите ранние представления о структуре полимеров и основные положения теории бахромчатых мицелл.
22. Поясните образование кристаллов полимеров с вытянутыми цепями. Какие условия необходимы для образования таких кристаллов?
23. Расскажите о "красавцах" и "уродах" среди кристаллических образований полимеров.
24. Изложите современные представления о структуре аморфных полимеров. На основании каких данных изменялись ранние представления о пачечной и доменной структурах аморфного полимера?
25. Изложите основные положения и выводы термодинамической теории высокоэластичности.
26. Сформулируйте основные идеи молекулярно-кинетической теории высокоэластичности и выводы этой теории о природе высокоэластических свойств полимеров.
27. Раскройте сущность принципа температурно-временной суперпозиции. Что такое "фактор приведения" и для чего он применяется?
28. Что описывает уравнение ВЛФ и для чего оно применяется в физике полимеров?
29. Каково применение механических моделей полимеров? Изложите работу механических моделей Максвелла, Кельвина - Фогта и Бюргера и покажите, как они иллюстрируют реальное поведение полимера.
30. Как трактуется температура стеклования полимеров и какие известны методы определения этого перехода в полимерах?
31. Обоснуйте понятие свободного объема полимеров и объясните его появление.
32. Обоснуйте релаксационный характер процесса стеклования полимера. Покажите при этом роль свободного объема.

## Реферат

1. Изучение молекулярной массы полимеров: среднечисловая ММ; средневесовая ММ; средневязкостная ММ.
2. Изучение молекулярно-массового распределения в полимерах: дробное осаждение, светорассеяние, гель-проникающая хроматография.
3. Изучение вязкости расплавов полимеров капиллярными вискозиметрами.
4. Изучение вязкости расплавов полимеров ротационными вискозиметрами.
5. Дифференциальный термический анализ полимеров.
6. Термогравиметрический анализ полимеров.
7. Дериваграфия для исследования полимеров.
8. Дифференциальная сканирующая калориметрия.
9. Рентгеноскопия полимеров.
10. Малоугловая рентгенография полимеров.
11. Нейтронография полимеров.
12. Электронный парамагнитный резонанс в исследовании полимеров.
13. Ядерный магнитный резонанс в полимерах.
14. Электронная микроскопия в исследовании полимеров: метод реплик, метод ультратонких срезов.
15. Инфракрасная спектроскопия полимеров.
16. Ультразвуковые исследования полимеров.
17. Полярография для исследования полимеров.
18. Механические маятники для изучения свойств полимеров: свободные колебания, вынужденные резонансные колебания; вынужденные нерезонансные колебания.
19. Теплофизические свойства полимеров: теплопроводность, теплоемкость, тепловое расширение.
20. Электрические свойства полимеров: электропроводность, диэлектрические потери, электреты, статическое электричество, прочность на пробой.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций, обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1.Максанова, Л. А. Высокомолекулярные соединения и материалы на их основе, применяемые в пищевой промышленности / Максанова Л. А. - Москва: КолосС, 2013. - 213 с.	2017	<a href="https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9785788222158.html">https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9785788222158.html</a>
2.Максанова, Л. А. Высокомолекулярные соединения и материалы на их основе, применяемые в пищевой промышленности / Максанова Л. А. - Москва : КолосС, 2013. - 213 с.	2015	<a href="https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9785432300720.html">https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9785432300720.html</a>
3.Максанова, Л. А. Высокомолекулярные соединения и материалы на их основе, применяемые в пищевой промышленности / Максанова Л. А. - Москва: КолосС, 2013. - 213 с.	2012	<a href="https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9789850616661.html">https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN9789850616661.html</a>
Дополнительная литература		
1.Шишкин А.В., Дутова О.С., Исследование физических свойств материалов. Ч. 4.2. Испытания на термостойкость учебное пособие / Издательство: Новосибирский государственный технический университет	2013	<a href="https://znanium.com/catalog/document?id=261121">https://znanium.com/catalog/document?id=261121</a>
2.Максанова, Л. А. Высокомолекулярные соединения и материалы на их основе, применяемые в пищевой промышленности / Максанова Л. А. - Москва: КолосС, - 213 с.	2013	<a href="https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN5953203195.html">https://www.studentlibrary.ru/ru/book/ISBN5953203195.html</a>

### 6.2. Периодические издания

1. Журнал «Высокомолекулярные соединения. Серия С». СПб.: Наука. ISSN (PRINT): 2308-1147 . Импакт-фактор (РИНЦ): 0,848

### 6.3. Интернет-ресурсы

1. <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/850/3/00330.pdf>
2. <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1487/3/00361.pdf>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа. Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории физики полимеров.

Лаборатория физика полимеров оснащена следующим оборудованием: шкаф вытяжной, весы аналитические, весы технические, установка Хеплера для определения термомеханического поведения полимеров, наборы химической посуды и реактивов.

Лабораторные работы проводятся в аудитории 416, корп. 1 «Лаборатория физики полимеров».

Рабочую программу составил доцент Чижова Л. А.  
Рецензент (ы) директор ООО «Промпласт» Тиманцев Я. А.



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
«Химические технологии»

протокол № 10 от 21.06.2021 года

Заведующий кафедрой



Ю.Т. Панов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
на заседании учебно-методической комиссии направления  
04.03.01 «Химия»

Протокол № 10 от 25.06.2021 года.

Председатель комиссии

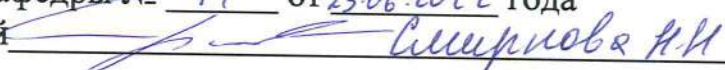


Б.А. Кухтин

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный год

Протокол заседания кафедры № 14 от 23.06.2022 года

Заведующий кафедрой 

Рабочая программа одобрена на 20 / 20 учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20 / 20 учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины  
*НАИМЕНОВАНИЕ*  
образовательной программы направления подготовки код и наименование ОП, направлен-  
ность: наименование (указать уровень подготовки)

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата распорядительного документа о внесении изменения)
1			
2			

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

*Подпись*

*ФИО*