

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)



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор

по образовательной деятельности

А.А. Панфилов

« 08 » 02 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Физика полимеров

Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»

Профиль подготовки Технология и переработка полимеров

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Се- местр	Трудоем- кость зач. ед. / час.	Лек- ции, час.	Практич. занятия, час.	Лабора- тор. ра- боты, час.	СРС, час.	Форма промежу- точной аттестации (экз./зачет/зачет с оценкой)
5	7 / 252	36		36	144	Экзамен (36 ч)
<b>Итого</b>	<b>7 / 252</b>	<b>36</b>		<b>36</b>	<b>144</b>	<b>Экзамен (36 ч)</b>

Владимир, 2021\_

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 ВО

Дисциплина «Физика полимеров» относится к обязательной части учебного плана.

Пререквизиты дисциплины:

1. Органическая химия (теория строения органических соединений; химические свойства и реакции органических веществ: механизмы, промежуточные частицы – радикалы, катионы, анионы, устойчивость промежуточных частиц).
2. Физическая и коллоидная химии

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПОДИСЦИПЛИНЕ

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОПК-1	частичный	<p><b>Знать:</b> классификацию и строение полимеров различных классов; фазовые и физические состояния полимеров; природу химических и физических связей в полимерах для понимания их свойств и механизма химических и физико-химических процессов в них.</p> <p><b>Уметь:</b> применять знания о структуре и свойствах получаемого полимера; обосновать выбор полимеров и композиций для использования в конкретных целях.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками использования знаний по физике полимеров и композиций на их основе для понимания технологических процессов и свойств получаемых материалов и изделий из них.</p>

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часов.

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1.	Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение полимеров	5	1-2	4		8	20	4/33,3%	
2.	Гибкость цепей полимера	5	3-4	4			20		
3.	Физические состояния, переходы и релаксация в полимерах	5	5-6	4			20		Рейтинг-контроль №1
4.	Кристаллическое состояние полимеров. Надмолекулярные структуры в полимерах	5	7-10	8		4	40	8/66,7%	
5.	Высокоэластическое состояние полимеров	5	11-12	4		8	12	4/33,3%	Рейтинг-контроль №2
6.	Стеклообразное состояние полимеров	5	13-14	4		8	20	4/33,3%	
7.	Взаимодействие полимеров с жидкостями	5	15-18	8		8	12	8/50%	Рейтинг-контроль №3
<b>Всего за 5 семестр:</b>				<b>36</b>		<b>36</b>	<b>144</b>	<b>36/50%</b>	<b>Экзамен (36ч)</b>
Наличие в дисциплине КП/КР						-			
<b>Итого по дисциплине</b>				<b>36</b>		<b>36</b>	<b>144</b>	<b>36/50%</b>	<b>Экзамен (36ч)</b>

#### Содержание лекционных занятий по дисциплине

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

### *Тема 3. 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 4. 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 полимеров. 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 5. Высокоэластическое состояние полимеров.*

*Содержание темы.* Гибкость цепей - основное условие существования высокоэластического состояния. Основы термодинамической и молекулярно-кинетической теории высокоэластичности. Релаксационная природа высокоэластичности: 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 6. 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 7. Взаимодействие полимеров с жидкостями.*

*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.

## Содержание лабораторных занятий по дисциплине

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

*Содержание лабораторных занятий.* Определение молекулярной массы полимеров

*Тема 4.* Кристаллическое состояние полимеров. Надмолекулярные структуры в полимерах

*Содержание лабораторных занятий.* Изучение надмолекулярных структур в полимерах

*Тема 5,6.* Высокоэластическое состояние полимеров. Стеклообразное состояние полимеров.

*Содержание лабораторных занятий.* Изучение термомеханической кривой в полимерах

*Тема 7.* Взаимодействие полимеров с жидкостями

*Содержание лабораторных занятий.* Изучение процесса набухания полимеров

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Физика полимеров» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция: (раздел 1,7);*
- *Групповая дискуссия: (раздел 2);*
- *Анализ ситуации: (раздел 4);*

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

### 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.
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.

### **вопросы к рейтинг-контролю №3**

1. Дайте характеристику стеклообразного состояния полимеров с точки зрения агрегатного и фазового состояния вещества.
2. Что положено в основу выделения стеклообразного состояния как одного из физических состояний полимера.
3. От каких внешних и внутренних факторов зависит температура стеклования полимера? Раскройте эти зависимости.
4. Изложите различные типы процессов стеклования.
5. Какие имеются теории структурного стеклования и в чем состоит их сущность?
6. Перечислите и раскройте содержание трех основных особенностей стеклообразного состояния полимеров.
7. Какие системы могут давать полимер и растворитель? Дайте краткую и самую общую характеристику этих систем.

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

### **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, шиш-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?

### **Самостоятельная работа студента**

В процессе освоения курса «Физика полимеров» СРС заключается в следующем:

1. Подготовка к лекциям с использованием конспектов и рекомендованной литературы.
2. Подготовка к лабораторным занятиям и оформление отчетов по лабораторным работам с использованием рекомендованной литературы.
3. Подготовка к текущему контролю – тестированию.
4. Изучение некоторых разделов курса, которые в лекционном курсе рассмотрены недостаточно полно. При этом используется рекомендованная литература.
5. Написание и защита реферата.
6. Подготовка к промежуточной аттестации (экзамен) с использованием рекомендованной литературы, конспектов лекций, отчетов по лабораторным работам и согласно перечню вопросов для проведения промежуточной аттестации.

### **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 средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций, обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, издательство	Год	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
1. . <b>Семчиков, Юрий Денисович</b> . Высокомолекулярные соединения : учебник для вузов по специальности 011000 "Химия" и направлению 510500 "Химия" / Ю. Д. Семчиков .— 2-е изд., стер. — Москва : Академия, 2005 .— 367 с.	2005	24	
2. <b>Козлов, Николай Андреевич</b> . Физика высокомолекулярных соединений : конспект лекций / Н. А. Козлов ; Владимирский политехнический институт (ВПИ), Кафедра технологии переработки пластмасс .— Владимир : Владимирский политехнический институт (ВПИ), 1979 .— 56 с.	1979	7	
3. <b>Козлов, Николай Андреевич</b> . Лабораторные работы по дисциплине "Высокомолекулярные соединения" : методические указания : в 2 ч. / сост. Н. А. Козлов ; Владимирский государственный университет (ВлГУ); Кафедра технологии переработки пластмасс .— Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2004-2006. Ч. 1 .— 2004 .— 47 с.	2004		<a href="http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/850/3/00330.pdf">http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/850/3/00330.pdf</a> >
4. <b>Козлов, Николай Андреевич</b> . Лабораторные работы по дисциплине "Высокомолекулярные соединения" : методические указания : в 2 ч. / сост. Н. А. Козлов ; Владимирский государственный университет (ВлГУ); Кафедра технологии переработки пластмасс .— Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2004-2006. Ч. 2 .— 2006 .— 67 с.	2006		<a href="http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1487/3/00361.pdf">http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1487/3/00361.pdf</a> >.
Дополнительная литература			
1. <b>Козлов, Николай Андреевич</b> . Контрольные задания и вопросы для самостоятельной работы студентов по дисциплине "Физико-химия полимеров", раздел "Свойства полимеров" / сост. Н. А. Козлов, Л. В. Фанова ; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра технологии переработки университет (ВлГУ), 1998 .— 48 с.	1998	45	
2. <b>Браун, Дитрих</b> . Практическое руководство по синтезу и исследованию свойств полимеров : пер. с нем. / Д. Браун, Г. Шердрон, В. Керн ; под ред. В. П. Зубова .— Москва : Химия, 1976 .— 256 с.	1976	4	

3. <b>Торопцева, Антонина Михайловна.</b> Лабораторный практикум по химии и технологии высокомолекулярных соединений : учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов / А.М. Торопцева, К.В. Белгородская, В.М. Бондаренко ; под ред. А.Ф. Николаева .— Ленинград : Химия, 1972 .— 415 с.	1972	13	
--	------	----	--

## 7.2. Периодические издания

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

## 7.3. Интернет-ресурсы

1. <https://pcgroup.ru/blog/polimery-svoystva-i-primeneniie/>
2. <https://www.plastmass-group.net/>
3. <http://lkmprom.ru/clauses/issledovaniya/osnovnye-svoystva-polimerov/>

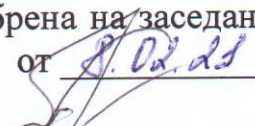
## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ


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 «ЭЛАСТ-ПУ» Романов С.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Химические технологии» протокол № 6 от 8.02.21 года  
Заведующий кафедрой  Ю.Т. Панов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления  
Протокол № 1 от 8.02.21 года.  
Председатель комиссии  Ю.Т. Панов