

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Владимирский государственный университет имени  
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по ОД

А.А. Панфилов

« 05 » 09 2016 г.

#### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

#### Химия и физика полимеров

Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»

Профиль подготовки Технология и переработка полимеров

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения заочная

Семестр	Трудоем- кость зач. ед, час.	Лек- ций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экс./зачет)
6 семестр	4 (144 ч)	8	-	10	126	Зачет
7 семестр	6 (216 ч)	10	-	12	167	Экзамен (27 ч)
Итого	10(360 ч)	18		22	293	Зачет Экзамен (27 ч)

## **I. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Химия и физика полимеров - одна из базовых дисциплин для студентов направления 18.03.01 «Химическая технология», основа профессиональной подготовки бакалавра по профилю «Технология и переработка полимеров». Целью преподавания этой дисциплины является развитие понимания сущности химических процессов получения полимерных материалов, разновидностей способов синтеза, особенностей строения высокомолекулярных соединений, уникальности их физических свойств, приобретение и отработка практических навыков проведения экспериментов по получению полимеров различными способами, определению физических свойств полимеров, их растворов и расплавов в лабораторных условиях.

## **II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРУ ОПОП ВО**

Дисциплина «Химия и физика полимеров» изучается в вариативной части блока дисциплин.

Перечень дисциплин с указанием разделов (тем), усвоение которых студентами необходимо для изучения дисциплины "Химия и физика полимеров":

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. Физика (поляризованный свет, законы поглощения и отражения света).
4. Математика (симметрия и асимметрия).
5. Философия (категории и законы материалистической диалектики, теория познания).

Изучение дисциплины «Химия и физика полимеров» дает основу для изучения таких последующих дисциплин, как «Технология получения и эксплуатационные свойства полимерных материалов», «Технология переработки пластмасс», «Газонаполненные полимеры», а также прохождения производственной практики и выполнения ВКР.

## **III. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:

- готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире (ОПК-3);
- готовность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности (ПК-18).

В результате освоения дисциплины «Химия и физика полимеров» студент должен:

### **Знать:**

- классификацию и строение полимеров различных классов (ОПК-3);
- способы получения полимеров и мономеров для их получения (ОПК-3);
- механизмы реакций получения полимеров и влияние различных факторов на процессы получения и свойства полимеров (ОПК-3, ПК-18));
- основные методы синтеза полимеров (ПК-18);
- фазовые и физические состояния полимеров (ОПК-3);
- природу химических и физических связей в полимерах для понимания их свойств и механизма химических и физико-химических процессов в них (ОПК-3).

**Уметь:**

- применять знания о природе мономера, механизме и условиях реакции получения полимера для определения возможных побочных процессов, структуры и свойств получаемого полимера (ОПК-3);
- синтезировать основные промышленные полимеры в лабораторных условиях (ПК-18);
- обосновать выбор полимеров и композиций для использования в конкретных целях (ПК-18).

**Владеть:**

- экспериментальными методами синтеза полимеров (ОПК-3);
- методиками расчета состава исходной смеси для получения полимеров и сополимеров заданного состава различными способами (ПК-18);
- навыками использования знаний по физике полимеров и композиций на их основе для понимания технологических процессов и свойств получаемых материалов и изделий из них (ПК-18).

**IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет **10** зачетных единиц, **360** часов.

№ п/п	Раздел 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
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Введение. Основные понятия химии полимеров	6		2			10		
2	Основные способы получения полимеров	6		2			10		
3	Радикальная полимеризация	6				10	10	5/50	
4	Катионная полимеризация	6					10		
5	Анионная полимеризация	6					10		
6	Анионно-координационная полимеризация	6					10		
7	Полимеризация по карбонильной группе	6					10		
8	Полимеризация циклов	6					10		
9	Сополимеризация мономеров	6		2			20		
10	Поликонденсация	6					16		
11	Химические превращения полимеров	6		2			10		
	<b>Итого по семестру</b>	<b>6</b>		<b>8</b>		<b>10</b>	<b>126</b>	<b>5/28</b>	<b>Зачет</b>
12	Молекулярная масса и молекулярно-	7		4		4	20	4/50	

	массовое распределение полимеров								
13	Гибкость цепей полимера	7					10		
14	Физические состояния, переходы и релаксация в полимерах	7		4			20		
15	Кристаллическое состояние полимеров. Надмолекулярные структуры в полимерах	7				4	10		
16	Высокоэластическое состояние полимеров	7					20		
17	Стеклообразное состояние полимеров	7					20		
18	Вязкотекучее состояние полимеров	7					20		
19	Взаимодействие полимеров с жидкостями	7				4	17	2/50	
20	Механические свойства полимеров	7		2			10		
21	Электрические свойства полимеров	7					10		
22	Теплофизические свойства полимеров. Перспективы науки о полимерах	7					10		
	<b>Итого по семестру</b>	<b>7</b>		<b>10</b>		<b>12</b>	<b>167</b>	<b>6/27</b>	<b>Экзамен (27)</b>
Всего		<b>6-7</b>		<b>18</b>		<b>22</b>	<b>293</b>	<b>11/28</b>	<b>Зачет Экзамен (27)</b>

## СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИЙ

### *Тема 1. Введение. Основные понятия химии полимеров (2 часа)*

Классификация веществ: низкомолекулярные и высокомолекулярные; мономеры, олигомеры, полимеры. Особенности полимерного состояния вещества: цепное строение, гибкость, высокая молекулярная масса, полидисперсность. Особенности химического поведения макромолекул. Классификация полимеров: по происхождению, по химическому строению, по природе атомов основной цепи, по топологии, по отношению к нагреванию. Регулярность полимеров.

### *Тема 2. Основные способы получения полимеров (2 часа)*

Полимеризация, поликонденсация, полимераналогичные превращения (определение). Полимеризация как наиболее распространенный способ получения полимеров. Основные промышленные полимеры, мономеры для их получения и реакции образования.

### *Тема 9. Сополимеризация мономеров (2 часа)*

Вывод уравнения состава сополимера. Блок- и привитые сополимеры, способы их получения.

### *Тема 11. Химические превращения полимеров (2 часа)*

Классификация реакций полимеров. Полимераналогичные превращения: превращения ПВС, получение эфиров целлюлозы. Реакции, приводящие к увеличению степени полимеризации: сшивка полимеров, блок- и привитая сополимеризация. Реакции, приводящие к уменьшению степени полимеризации: деструкция. Виды и примеры деструкции.

*Тема 12. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение полимеров (4 часа)*

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.

*Тема 14. Физические состояния, переходы и релаксация в полимерах (4 часа)*

Краткие сведения об агрегатных и фазовых состояниях вещества. Агрегатные и фазовые состояния полимеров. Физические состояния полимеров: стеклообразное, высокоэластическое, вязкотекучее и кристаллическое. 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

*Тема 20. Механические свойства полимеров (2 часа)*

Деформационные кривые стеклообразных, закристаллизованных и высокоэластических полимеров. Вынужденная эластичность и ее предел. Прочность и относительное удлинение при разрыве. Зависимость вида деформационной кривой от температуры испытания и молекулярной массы полимера. Температура хрупкости полимеров и ее определение. Влияние на прочность и вид деформационных кривых полимера различных внешних и внутренних факторов, молекулярной и надмолекулярной структуры полимера.

### Лабораторные работы

№ п/п	Тема	Название лабораторной работы
Семестр 6		
1.	Радикальная полимеризация (10 ч)	Полимеризация (стирола, метилметакрилата) в массе (блоке) Полимеризация (стирола) в эмульсии
Семестр 7		
2.	Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение полимеров (4 ч)	Определение молекулярной массы полимеров
3.	Кристаллическое состояние полимеров. Надмолекулярные структуры в полимерах (4 ч)	Изучение надмолекулярных структур в полимерах
4.	Взаимодействие полимеров с жидкостями (4 ч)	Изучение процесса набухания полимеров

## V. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении лабораторного практикума студентам предлагается **работа в малых группах**:

- учебная группа разбивается на несколько небольших групп — по 2-3 человека
- каждая группа получает своё задание
- процесс выполнения задания в группе осуществляется на основе обмена мнениями, оценками.

Групповая работа стимулирует согласованное взаимодействие между студентами, отношения взаимной ответственности и сотрудничества.

При формировании групп учитываются два признака: уровень учебных успехов сту-

дентов; характер межличностных отношений. В группу подбираются студенты, между которыми сложились отношения доброжелательности, в этом случае в группе возникает психологическая атмосфера взаимопонимания и взаимопомощи, снимаются тревожность и страх. В ряде случаев студентам самим предлагается разбиться на группы, состав которых, впоследствии, может корректироваться для повышения качества работы. На базе сформированных групп возможно проведение **ролевых игр** для решения поставленных преподавателем задач.

При изучении теоретического курса используются **методы ИТ** - применение компьютеров для доступа к интернет-ресурсам, обеспечения удобства преобразования и структурирования информации для трансформации её в знание.

Преподнесение теоретического материала осуществляется с помощью электронных средств обучения при непосредственном прочтении данного материала лектором.

Некоторые разделы теоретического курса изучаются с использованием **опережающей самостоятельной работы**: студенты получают задание на изучение нового материала до его изложения на лекции.

Для оценки освоения теоретического материала студентами используются контрольные тесты, а также традиционные письменные контрольные работы.

В лабораторном практикуме используется метод проблемного обучения: студент получает задание на синтез, методику которого должен подобрать и изучить самостоятельно, исходя из имеющихся реактивов.

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

Текущий контроль осуществляется по результатам проведения следующих контрольных мероприятий:

№	Контролируемый раздел дисциплины	Наименование оценочного средства
6 семестр		
1	Введение. Основные понятия химии полимеров. Основные способы получения полимеров.	Тест 1
2	Радикальная полимеризация	Вопросы экзамена
3	Ионная полимеризация. Анионно-координационная полимеризация. Полимеризация по карбонильной группе. Полимеризация циклов	Тест 2
4	Сополимеризация мономеров	Контрольная работа 1
5	Поликонденсация. Химические превращения полимеров	Контрольная работа 2
7 семестр		
1	Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение полимеров. Гибкость цепей полимера	Тест Контрольная работа 1
2	Физические состояния, переходы и релаксация в полимерах	Контрольная работа 2
3	Свойства полимеров	Контрольная работа 3

Варианты тестов и заданий для контрольных работ представлены в составе УМК.

### **Вопросы для проведения зачета (6 семестр)**

1. Основные понятия химии полимеров: ВМС, НМС, мономер, олигомер, полимер, способы получения олигомеров и полимеров. Особенности полимерного состояния вещества.

2. Классификация полимеров по различным признакам: по происхождению, по химическому строению, по природе атомов основной цепи, по топологии (строению основной цепи). Регулярные полимеры. Термопласты и реактопласты.
3. Основные стадии осуществления полимеризации. Мономеры для осуществления полимеризации основных промышленных полимеров. Способность виниловых мономеров к полимеризации.

#### Радикальная полимеризация

1. Инициирование радикальной полимеризации: термическое, фотоинициирование, радиационное инициирование, окислительно-восстановительное инициирование (примеры инициаторов и механизм образования свободных радикалов из них). Эффективность инициирования.
2. Стадия роста цепи. Способы присоединения мономеров к макрорадикалу: Г-Х, Х-Г, Г-Г, Х-Х (рассмотреть на примере конкретного мономера).
3. Обрыв цепи: реакции рекомбинации и диспропорционирования (рассмотреть на примере полимеризации конкретного мономера).
4. Передача цепи, на мономер, полимер, инициатор, растворитель (рассмотреть на примере полимеризации конкретного мономера).
5. Вывод уравнения скорости роста цепи в радикальной полимеризации. Длина кинетической цепи и ее зависимость от различных факторов. Основное уравнение кинетики полимеризации (без вывода).
6. Способы ингибирования радикальной полимеризации.
7. Влияние основных факторов на процесс полимеризации виниловых мономеров: температура, давление, концентрации исходных веществ. Гель-эффект.
8. Строение и реакционная способность виниловых мономеров к радикальной полимеризации. Правило антибатности.
9. Способы проведения радикальной полимеризации: в блоке, в растворе, в суспензии, в эмульсии.

#### Катионная полимеризация

1. Инициирование катионной полимеризации: основные инициаторы – протонные кислоты и апротонные кислоты.
2. Стадия роста цепи в катионной полимеризации (рассмотреть на примере полимеризации конкретного мономера).
3. Обрыв и передача цепи в катионной полимеризации (рассмотреть на примере полимеризации конкретного мономера).
4. Вывод уравнения скорости роста цепи. Степень полимеризации (без вывода уравнения).
5. Влияние различных факторов на скорость полимеризации и молекулярную массу при катионной полимеризации: условия проведения, стехиометрический состав реагентов, присутствие примесей.
6. Реакционная способность виниловых мономеров в катионной полимеризации.

#### Анионная полимеризация

1. Инициирование анионной полимеризации свободными анионами и полярными соединениями основного характера.
2. Стадия роста цепи в анионной полимеризации (рассмотреть на примере полимеризации конкретного мономера).
3. Обрыв и передача цепи в анионной полимеризации (рассмотреть на примере полимеризации конкретного мономера).
4. Вывод уравнения скорости роста цепи. Степень полимеризации (без вывода уравнения).
5. Влияние различных факторов на скорость катионной полимеризации: условия проведения, концентрация реагентов.
6. Реакционная способность виниловых мономеров в анионной полимеризации.

#### Анионно-координационная полимеризация

1. Виды катализаторов анионно-координационной полимеризации.

2. Состав катализаторов Циглера-Натта. Особенности полимеризации на катализаторах Циглера-Натта.

Полимеризация по карбонильной группе

1. Анионная полимеризация
2. Катионная полимеризация
3. Особенности полимеризации диметилкетена
4. Особенности полимеризации акролеина

Полимеризация циклов

1. Термодинамические особенности процесса
2. Полимеризация эпоксидов
3. Гидролитическая полимеризация капролактама
4. Анионная полимеризация капролактама
5. Катионная полимеризация капролактама

Сополимеризация мономеров

1. Вывод уравнения состава сополимера
2. Зависимость состава сополимера от состава смеси мономеров и соотношения констант сополимеризации
3. Реакционная способность виниловых мономеров в радикальной сополимеризации. Схема Алфрея-Прайса.
4. Способы получения блок- и привитых сополимеров

Поликонденсация

1. Мономеры для осуществления поликонденсации.
2. Реагенты для получения сложных и простых полиэфиров, полиамидов, полиуретанов, полимочевины, полиаминов, фенолоформальдегидных олигомеров.
3. Расчет средней функциональности вещества. Зависимость строения поликонденсационного полимера от средней функциональности исходных веществ.
4. Реакционная способность функциональных групп: принцип Флори и отклонения от него.
5. Побочные реакции и прекращение роста при образовании поликонденсационных макромолекул
6. Влияние различных факторов на скорость процесса и молекулярную массу полимера

Химические реакции полимеров

1. Полимераналогичные превращения с участием ПВС
2. Полимераналогичные превращения с участием целлюлозы
3. Сшивка и отверждение полимеров
4. Процессы, происходящие при термической деструкции полимеров.
5. Особенности фотохимической, радиационной деструкции.
6. Механическая деструкция. Химическая и термоокислительная деструкция

### **Вопросы для проведения экзамена (7 семестр)**

1. Происхождение и сущность гибкости полимерных цепей.
2. Теории термодинамической и кинетической гибкости цепей полимера.
3. Сегмент как мера гибкости реальной Цепи. Методы определения сегмента.
4. Факторы, определяющие гибкость цепей полимера.
5. Конформационные характеристики гибкости полимерных цепей и их нахождение по характеристической вязкости растворов полимеров.
6. Молекулярная масса полимеров и методы ее определения.
7. Молекулярно-массовое распределение в полимерах и методы его изучения.
8. Агрегатные, фазовые и физические состояния и температурные переходы в полимерах.
9. Релаксационные процессы в природе и их характеристика. Специфика релаксационных процессов в полимерах.
10. Термодинамическая и молекулярно-кинетическая теории высокоэластичности полимеров.



11. Ползучесть, релаксация напряжения и упругий гистерезис у линейных (несшитых) и сшитых полимеров - доказательство релаксационной природы эластичности полимеров.
12. Термомеханические кривые (ТМК) аморфных и закристаллизованных полимеров.
13. Стеклообразное состояние полимеров.
14. Механизм течения полимеров и необычные эффекты при течении полимеров.
15. Реологические уравнения (теоретические и эмпирические). Кривые течения полимеров.
16. Аномалия вязкости полимеров. Основные виды аномалии вязкости.
17. Вязкость полимеров и ее экспериментальное определение. Технические способы оценки вязкости полимеров: индекс расплава и формуемость полимеров и пластмасс.
18. Зависимость вязкости расплавов полимеров от температуры, давления и молекулярных характеристик полимеров.
19. Температура плавления и кристаллизации полимеров. Их определение и взаимосвязь.
20. Способность полимеров к кристаллизации.
21. Механизм и кинетика кристаллизации полимеров.
22. ТМК кристаллических полимеров с разной степенью кристалличности.
23. Монокристаллы в полимерах - ламели, фибриллы, шиш-кебабы, глобулярные монокристаллы.
24. Сферолиты в полимерах.
25. Структура аморфных и ориентированных полимеров.
26. Растворители и Пластификаторы для полимеров. Свойства растворов полимеров. Факторы, определяющие растворимость полимеров. «Хорошие», «плохие» и  $\theta$ -растворители.
27. Пластификаторы для полимеров. Совместимость полимера с пластификатором. Критерии совместимости. Теории пластификации полимеров.
28. Механизм взаимодействия полимера и жидкости. Качество растворителя. Характеристика набухания полимеров.
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.
32. Принцип изучения свойств полимеров при приложении к ним переменных механических нагрузок (динамические механические свойства).
33. Механические потери в полимерах и их зависимость от внутренних и внешних факторов.
34. Деформационные кривые стеклообразных и высокоэластических полимеров.
35. Деформационные кривые закристаллизованных и хрупких полимеров.
36. Прочность полимеров и ее зависимость от различных факторов.
37. Долговечность полимеров и ее зависимость от напряжения и температуры.
38. Механизм разрушения полимеров.
39. Технические свойства пластмасс.
40. Диэлектрическая поляризация полимеров и ее механизм. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери в полимерах.
41. Электреты. Электризуемость И электропроводность полимеров. Дугостойкость и трекинговая стойкость полимеров. Прочность на пробой.
42. Теплофизические свойства полимеров.

### **Самостоятельная работа студента**

**Самостоятельная работа студента заочной формы обучения** – важнейшая составляющая образовательного процесса, определяющая в конечном итоге степень усвоения студентом теоретического материала. В процессе освоения курса «Химия и физика полимеров»

СРС заключается в следующем:

1. Изучение теоретического материала с использованием рекомендованной литературы.
2. Подготовка к лабораторным занятиям и оформление отчетов по лабораторным работам с использованием рекомендованной литературы.
3. Подготовка к текущему контролю – тестированию. Выполнение контрольных работ.
4. Подготовка к промежуточному контролю с использованием рекомендованной литературы, конспектов лекций, отчетов по лабораторным работам и согласно перечню вопросов для проведения промежуточного контроля.

Студенты заочной формы обучения в основном изучают дисциплину самостоятельно, так как лекционный курс является обзорным. При этом студенты используют учебно-методическую литературу, представленную в данной программе, согласно тематическому плану курса и в соответствии со следующим перечнем основных тем и вопросов.

## **Содержание курса (для самостоятельного изучения)**

### **Часть I. Химия полимеров (6 семестр)**

*Тема 1. Введение. Основные понятия химии полимеров.*

Классификация веществ: низкомолекулярные и высокомолекулярные; мономеры, олигомеры, полимеры. Особенности полимерного состояния вещества: цепное строение, гибкость, высокая молекулярная масса, полидисперсность. Особенности химического поведения макромолекул. Классификация полимеров: по происхождению, по химическому строению, по природе атомов основной цепи, по топологии, по отношению к нагреванию. Регулярность полимеров.

*Тема 2. Основные способы получения полимеров*

Полимеризация, поликонденсация, полимераналогичные превращения (определение). Полимеризация как наиболее распространенный способ получения полимеров. Способность мономеров к полимеризации: влияние термодинамического и кинетического факторов, деполимеризация и полимеризационно-деполимеризационное равновесие. Способность виниловых мономеров к полимеризации по различным механизмам (радикальная, ионная). Основные промышленные полимеры, мономеры для их получения и реакции образования.

*Тема 3. Радикальная полимеризация*

Общие положения, основные стадии. Инициирование, инициаторы. Стадия роста цепи, обрыв цепи, передача цепи. Вывод кинетических уравнений скорости и степени полимеризации и зависимость этих параметров от различных факторов. Ингибирование радикальной полимеризации. Способность виниловых мономеров к радикальной полимеризации. Способы проведения радикальной полимеризации: в блоке, в растворе, в суспензии, в эмульсии.

*Тема 4. Катионная полимеризация*

Общие положения, основные стадии. Инициирование, инициаторы. Стадия роста цепи, обрыв цепи, передача цепи. Вывод кинетических уравнений скорости и степени полимеризации. Зависимость скорости полимеризации и молекулярной массы получаемого полимера от различных факторов проведения катионной полимеризации. Способность виниловых мономеров к катионной полимеризации. Особенности катионной полимеризации, определяющие ее промышленное применение.

*Тема 5. Анионная полимеризация*

Общие положения, основные стадии. Инициирование, инициаторы. Стадия роста цепи, обрыв цепи, передача цепи. «Живые» полимеры. Вывод кинетических уравнений скорости и степени полимеризации. Влияние различных факторов на анионную полимеризацию. Способность виниловых мономеров к анионной полимеризации.

*Тема 6. Анионно-координационная полимеризация.*

Катализаторы, их специфическое действие. Стадии процесса. Катализаторы Циглера-Натта. Их природа, схемы полимеризации на катализаторах Циглера-Натта. Стереорегулярность образующихся полимеров. Вывод уравнения скорости полимеризации. Области применения катализаторов Циглера-Натта.  $\pi$ -Аллильные комплексы переходных металлов. Оксидно-металлические катализаторы.

*Тема 7. Полимеризация по карбонильной группе*

Мономеры для данного типа полимеризации, специфические особенности процесса, основные механизмы полимеризации по карбонильной группе: анионная, катионная, закономерности протекания. Полимеризация с двумя различными полимеризующимися группами.

*Тема 8. Полимеризация циклов*

Мономеры для данного типа полимеризации. Влияние размера цикла на способность мономера к полимеризации и легкость протекания процесса. Катионная и анионная полимеризация эпоксидов. Гидролитический и анионный механизмы полимеризации капролактама. Особенности течения процесса.

*Тема 9. Сополимеризация*

Вывод уравнения состава сополимера. Склонность мономеров к сополимеризации. Схема Алфрея-Прайса. Константы сополимеризации. Блок- и привитые сополимеры, способы их получения.

*Тема 10. Поликонденсация*

Общие положения. Исходные вещества для получения полимеров поликонденсацией: функциональные группы и типы полимеров. Реакционный центр, функциональная группа, функциональность. Условия образования линейных и разветвленных полимеров. Средняя функциональность. Реакционная способность мономеров и олигомеров, принцип Флори. Стадии образования макромолекул. Степень конверсии, средняя степень полимеризации, уравнение Карозерса. Влияние различных факторов на скорость процесса и молекулярную массу. Способы проведения поликонденсации.

*Тема 11. Химические превращения полимеров*

Классификация реакций полимеров. Полимераналогичные превращения: превращения ПВС, получение эфиров целлюлозы. Реакции, приводящие к увеличению степени полимеризации: сшивка полимеров, блок- и привитая сополимеризация. Реакции, приводящие к уменьшению степени полимеризации: деструкция. Виды и примеры деструкции.

## **Часть II. Физика полимеров (7 семестр)**

*Тема 12. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение в полимерах*

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 13. Гибкость цепей полимера*

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 14. Физические состояния, переходы и релаксация в полимерах*

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 15. Кристаллическое состояние полимеров. Надмолекулярные структуры в полимерах*

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 16. Высокоэластическое состояние полимеров*

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 17. Стеклообразное состояние полимеров*

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 18. Вязкотекучее состояние полимеров*

Понятие вязкости. Температура текучести и ее определение. Механизм течения полимеров: диффузионное и химическое течение. Особенности вязкотекучего состояния полимеров.

Реологические уравнения. Кривые течения полимеров. Аномалия вязкости и ее оценка. Теоретические и эмпирические реологические уравнения. Основные виды аномалии вязкости. Структурно-динамический и эласто-динамический механизм аномалии вязкости. Методы измерения вязкости полимеров. Инженерные методы оценки вязкости (текучести) полимеров: индекс расплава и формуемость.

Необычные эффекты при течении полимеров. Нормальные напряжения. Эффект Вассенберга. Эффект входа. Эластическое восстановление струи (разбухание экструдата). Эластическая турбулентность и эффект проскальзывания.

Зависимость вязкости полимеров от температуры, давления, молекулярной массы и молекулярно-массового распределения полимеров, строения и гибкости полимерных цепей.

#### *Тема 19. Взаимодействие полимеров с жидкостями*

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.

#### *Тема 20. Механические свойства полимеров*

Характеристика упругих свойств полимеров. Особенности поведения полимеров в поле действия механических сил. Основные механические свойства и понятие о методах их изучения. Модули упругости и коэффициент Пуассона. Зависимость модуля упругости от температуры и параметров структуры полимера, других внешних и внутренних факторов.

Ползучесть и релаксация напряжения. Понятие ползучести и релаксации напряжения в полимерах. Времена релаксации в реальных полимерах. Принцип температурно-временной суперпозиции и уравнение ВЛФ. Зависимость ползучести и релаксации напряжения от структурных и иных параметров полимера, внешних и внутренних факторов.

Деформационно - прочностные свойства и разрушение полимеров. Деформационные кривые стеклообразных, закристаллизованных и высокоэластических полимеров. Вынужденная эластичность и ее предел. Прочность и относительное удлинение при разрыве. Зависимость вида деформационной кривой от температуры испытания и молекулярной массы полимера. Температура хрупкости полимеров и ее определение. Влияние на прочность и вид деформационных кривых полимера различных внешних и внутренних факторов, молекулярной и надмолекулярной структуры полимера.

Долговечность полимеров, ее зависимость от напряжения и температуры. Усталость полимеров. Разрушение кристаллических и аморфных полимеров, механизм разрушения. Флуктуационная теория прочности. Регулирование деформационно-прочностных свойств поли-

меров изменением надмолекулярной структуры, введением пластификаторов и наполнителей.

Динамические механические свойства полимеров. Поведение полимера в поле переменных механических сил. Принцип метода динамических механических испытаний. Динамический модуль и механические потери в полимерах, их зависимость от температуры, давления, структурных параметров полимера и иных факторов.

Технические свойства полимеров и пластмасс. Понятия теплостойкости, удельной ударной вязкости (прочности на удар) и устойчивости к раздиру. Твердость. Устойчивость к трению, истиранию и износу, процарапыванию. Усталость полимерных материалов.

Стандартные измерения механических свойств полимерных материалов.

#### *Тема 21. Электрические свойства полимеров*

Поведение полимеров в электрических полях. Понятие о диэлектриках, полупроводниках и полиэлектролитах. Поляризация диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери в полимерах. Диэлектрическая релаксация. Дипольно-сегментальные и дипольно-групповые потери. Время электрической релаксации и ее определение. Зависимость диэлектрических потерь полимеров от структурных и иных факторов.

Удельное электрическое сопротивление и электропроводность полимеров. Статическая электризация. Прочность на пробой, дугостойкость и трекинговость полимеров. Электреты и их применение.

#### *Тема 22. Теплофизические свойства полимеров*

Поведение полимеров при тепловом воздействии. Теплофизические свойства: теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность и тепловое расширение. Интерпретация этих свойств и измерение. Зависимость от температуры. Влияние релаксационных явлений и переходов.

Уравнения состояния полимеров и их применение. Соотношение теплофизических свойств полимеров и соответствующих мономеров.

Перспективы науки о полимерах. Основные тенденции развития физики, физикохимии, химии и технологии полимеров и пластмасс на их основе. Научные школы в науке о полимерах. Вклад советских и российских ученых в развитие полимерной науки.

## **VII. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### ➤ Основная литература

1. Химия и физика полимеров [Электронный ресурс] / Кулезнев В.Н., Шершнева В.А. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : КолосС, 2013- ISBN 978-5-9532-0466-8.
2. Химия и физика полимеров. Ч. 1. Химия : учебное пособие / Л.Ю. Закирова, Ю.Н. Хакимуллин; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. - Казань : Изд-во КНИТУ, 2012. - 156 с. - ISBN 978-5-7882-1372-9.
3. Физико-химия полимерных материалов и методы их исследования: Учебное издание. / Под общ. ред. А.А. Аскадского. - М.: Издательство АСВ, 2015. - 408 с. - ISBN 978-5-4323-0072-0.

### ➤ Дополнительная литература

1. Химия и технология продуктов тонкого органического синтеза : учебное пособие / С.В. Бухаров, Г.Н. Нугуманова; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. - Казань: Изд-во КНИТУ, 2013. - 268 с. - ISBN 978-5-7882-1436-8..
2. Plastics technology : учебное пособие. Ч. 1 / С.Ю. Софьина; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. - Казань : Изд-во КНИТУ, 2012. - 212 с. - ISBN 978-5-7882-1296-8.

3. Plastics technology : учебное пособие. Ч. 2 / С.Ю. Софьина; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. - Казань : Изд-во КНИТУ, 2012. - 276 с. - ISBN 978-5-7882-1297-5.

➤ Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. [http://c-books.narod.ru/pryanishnikov1\\_2\\_1.html](http://c-books.narod.ru/pryanishnikov1_2_1.html)
2. <http://www.fptl.ru/tehnika-labrabot/prostaja-peregonka.html>
3. <http://alhimic.ucoz.ru/load/36>
4. <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/org.html>
5. <http://www.xumuk.ru>
6. <http://chemistry.narod.ru>
7. <http://www.media.ssu.samara.ru/lectures/himiya/deryabina/index.html>
8. ChemSoft 2008

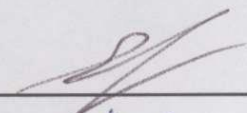
### **VIII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**


Лекционный курс читается в классической аудитории или с использованием мультимедийного оборудования. Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории кафедры химических технологий. В преподавании используются имеющиеся в составе УМК материалы.

Теоретический курс: лекции-презентации, контрольные тесты, варианты заданий для контрольных работ.

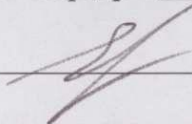
Лабораторный практикум: лабораторные установки и оборудование (416-1).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению  
18.03.01 «Химическая технология»

Рабочую программу составил: к.т.н., доцент Ермолаева Е.В. 

Рецензент: ген. директор ООО «ЭластПУ» Романов С.В. 

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химических технологий  
протокол № 1 от 5.09.16 года.

Заведующий кафедрой  Панов Ю.Т.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комис-  
сии направления 18.03.01 «Химическая технология»

протокол № 1 от 5.09.16 года.

Председатель комиссии  Панов Ю.Т.