

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

« 08 » 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 (экз./зачет)
6 семестр	4 (144 ч)	8	-	10	99	Экзамен (27 ч)
7 семестр	6 (216 ч)	6	-	8	175	Экзамен (27 ч)
Итого	10(360 ч)	14		18	274	Экзамен (54 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					9		
5	Анионная полимеризация	6					10		
6	Анионно-координационная полимеризация	6					10		
7	Полимеризация по карбонильной группе	6					5		
8	Полимеризация циклов	6					5		
9	Сополимеризация мономеров	6		2			10		
10	Поликонденсация	6					10		
11	Химические превращения полимеров	6		2			10		
	<b>Итого по семестру</b>	<b>6</b>		<b>8</b>		<b>10</b>	<b>99</b>	<b>5/28</b>	<b>Экзамен (27)</b>
12	Молекулярная масса и молекулярно-	7		2		4	20	3/50	

	массовое распределение полимеров								
13	Гибкость цепей полимера	7					10		
14	Физические состояния, переходы и релаксация в полимерах	7		2			20		
15	Кристаллическое состояние полимеров. Надмолекулярные структуры в полимерах	7					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	20	2/50	
20	Механические свойства полимеров	7		2			15		
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>6</b>		<b>8</b>	<b>175</b>	<b>5/36</b>	<b>Экзамен (27)</b>
Всего		<b>6-7</b>		<b>14</b>		<b>18</b>	<b>274</b>	<b>10/31</b>	<b>Экзамен (54)</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. Соплимеризация 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 (2 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 (2 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.	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 студентов; характер межличностных отношений. В группу подбираются студенты, между которыми сложились отношения доброжелательности, в этом случае в группе возникает психо-

логическая 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
<b>6 семестр</b>		
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
<b>7 семестр</b>		
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 экзамена (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 рабо-

- там 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 различные 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: ламеллы, 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 полимеров 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 трекинговая стойкость 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

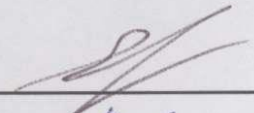
### **VIII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

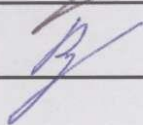
Лекционный курс читается в классической аудитории или с использованием мультимедийного оборудования. Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории кафедры химических технологий. В преподавании используются имеющиеся в составе УМК материалы.

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

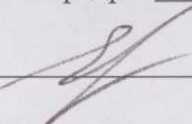
Лабораторный практикум: лабораторные установки и оборудование (416-1).

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.



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_