

МИНОБРНАУКИ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Тверской государственный технический университет»**  
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебно-  
воспитательной работе  
\_\_\_\_\_ Э.Ю. Майкова  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)»  
«Физико-химия полимеров»

Направление подготовки бакалавров 18.03.01 Химическая технология

Направленность (профиль) – Химическая технология  
высокомолекулярных соединений

Тип задач профессиональной деятельности – научно-исследовательский;  
технологический

Форма обучения – очная

Химико-технологический факультет  
Кафедра «химии и технологии полимеров»

Тверь 202\_

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки бакалавров в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы:  
доцент кафедры ХТП

К.В. Чалов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТП  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой ХТП

В.И. Луцик

Согласовано:

Начальник учебно-методического  
отдела УМУ

Д.А. Барчуков

Начальник отдела  
комплектования  
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

## 1. Цель и задачи дисциплины

**Целью** изучения дисциплины «Физико-химия полимеров» является освоение теоретических основ химии и физики высокомолекулярных соединений.

**Задачами дисциплины** являются:

- теоретическое и практическое изучение способов и методов синтеза высокомолекулярных соединений, химических превращений и путей направленной модификации полимеров;
- изучение специфики структуры и классификации высокомолекулярного состояния вещества;
- изучение высокомолекулярных соединений, их структуры и классификации;
- изучение особенностей релаксационных и фазовых состояний высокомолекулярных соединений и их растворов;
- выработка у студентов навыков установления взаимосвязи между строением высокомолекулярных соединений и их физическими свойствами.

## 2. Место дисциплины в образовательной программе

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 структуры ОП ВО.

Для изучения курса требуются знания, умения и навыки, полученные в процессе изучения следующих дисциплин: «Математика», «Физика», «Органическая химия», «Физическая химия», «Аналитическая химия».

Знания, полученные в данном курсе необходимы для последующего изучения таких дисциплин учебного процесса, как «Аналитическая химия полимеров», «Технология пластических масс», «Технология переработки полимеров».

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

### 3.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине

**Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:**

**ПК-2.** Способен составлять планы размещения оборудования и технического оснащения, производить расчет мощностей оборудования, нормативов материальных затрат, а также норм времени при производстве наноструктурированных полимерных материалов.

**Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:**

**ИПК-2.2.** *Использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для проведения расчетов при составлении оптимального технологического режима.*

**Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

**Знать:**

31.1. Реакционную способность мономеров, ее зависимость от их строения, влияние способа синтеза на физико-химические характеристики и физико-механические показатели полимеров.

**Уметь:**

У1.1. Осуществлять правильный выбор способа синтеза для получения полимера с заданными свойствами и технологии его переработки.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП1.1. В использовании методик выбора методов синтеза и переработки для конкретных требований к конечному продукту.

**Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:**

**ПК-5.** Способен оценивать качество исходного сырья и готовой продукции, анализировать причины брака, оценивать количество и объем несоответствующей продукции при производстве наноструктурированных полимерных материалов.

**Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:**

**ИПК-5.1.** *Проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа.*

**Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

**Знать:**

32.1 Методы определения физико-химических и прочностных характеристик сырья, полимерных материалов и изделий из них. Ассортимент основных крупнотоннажных полимеров и их технологию.

**Уметь:**

У2.1. Применять полученные знания для описания и характеристики свойств изучаемого сырья, полимерных материалов и изделий из них.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП2.1. В осмысленном понимании методов осуществления контроля технологических процессов, повышения производительности и качества продукции.

**ИПК-5.2.** *Выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса.*

**Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

**Знать:**

33.1 Основные современные технологии и применяемое оборудование, методы работы прикладных программ для контроля технологических параметров оборудования.

**Уметь:**

У3.1. Грамотно использовать научно-теоретический и технический материал при создании работы с высокотехнологичным промышленным оборудованием производства и переработки полимеров.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП3.1. К работе с аналитическими и численными методами решения задач контроля и управления технологическим оборудованием.

**Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:**

**ПК-8.** Способен выполнять эксперименты, обрабатывать и оформлять результаты исследований и разработок для решения исследовательских задач в области химии и химической технологии, в частности, химической технологии высокомолекулярных соединений.

**Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:**

**ИПК-8.1.** *Владеет современными экспериментальными методами решения исследовательских задач химической направленности.*

**Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

**Знать:**

34.1 Основные законы естественнонаучных дисциплин, предусмотренных учебным планом направления 18.03.01 Химическая технология.

**Уметь:**

У4.1. Использовать в своей практической деятельности основные естественнонаучные законы применительно к проведению экспериментов в области синтеза и переработке полимеров.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП4.1. В осмысленном понимании изученного, способностью методологического использования научно-технических знаний в своей практической деятельности.

**ИПК-8.2.** *Проводит эксперименты, наблюдения и измерения, составляет их описание и обрабатывает результаты.*

**Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

**Знать:**

35.1 Основы методов исследования режимов работы реакторов и аппаратов синтеза полимеров, а также методы корректной оценки погрешностей при проведении экспериментов

**Уметь:**

У5.1. Ориентироваться в методах синтеза и очистки веществ, технологических операциях, схемах производств.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП5.1. Применять основные методы и приемы для решения конкретных задач из различных областей химии

**ИПК-8.3.** *Составляет отчеты (разделы отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов.*

**Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

**Знать:**

33.1 Особенности структуры полноценного научного отчета результатов эксперимента.

**Уметь:**

У3.1. Обобщать теоретические и экспериментальные результаты и формулировать научные выводы и заключения для решения поставленной технологической задачи.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП3.1. В составлении общего перечня и отдельных разделов отчета, необходимого для описания химико-технологического процесса.

### 3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций

Проведение лекционных занятий; выполнение практических работ; выполнение курсовой работы; самостоятельная работа под руководством преподавателя.

## 4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

### ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 1а. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

| Вид учебной работы   | Зачетные единицы | Академические часы |
|--|------------------|--------------------|
| <b>1 семестр</b>   |                  |                    |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>   | <b>3</b>         | <b>108</b>         |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>  |                  | <b>45</b>          |
| В том числе:   |                  |                    |
| Лекции   |                  | 30                 |
| Практические занятия (ПЗ)  |                  | 15                 |
| Лабораторные работы (ЛР)   |                  | не предусмотрены   |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>  |                  | <b>63</b>          |
| В том числе:   |                  |                    |
| Курсовая работа  |                  | не предусмотрена   |
| Курсовой проект  |                  | не предусмотрен    |
| Расчетно-графические работы  |                  | не предусмотрены   |
| Другие виды самостоятельной работы:<br>- подготовка к лабораторным работам<br>- подготовка к практическим занятиям |                  | 0<br>43            |
| Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (зачет)   |                  | 20                 |
| Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)   |                  | не предусмотрен    |
| <b>Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)</b>   |                  | <b>78</b>          |
| В том числе:   |                  |                    |
| Курсовая работа  |                  | не предусмотрена   |
| Курсовой проект  |                  | не предусмотрен    |
| Расчетно-графические работы  |                  | не предусмотрены   |
| Практические занятия (ПЗ)  |                  | 15                 |
| Лабораторные работы (ЛР)   |                  | не предусмотрены   |
| <b>2 семестр</b>   |                  |                    |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>   | <b>3</b>         | <b>108</b>         |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>  |                  | <b>45</b>          |
| В том числе:   |                  |                    |
| Лекции   |                  | 30                 |
| Практические занятия (ПЗ)  |                  | 15                 |
| Лабораторные работы (ЛР)   |                  | не предусмотрены   |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>  |                  | <b>27+36(экз)</b>  |
| В том числе:   |                  |                    |
| Курсовая работа  |                  | 10                 |
| Курсовой проект  |                  | не предусмотрен    |

|  |  |                  |
|--|--|------------------|
| Расчетно-графические работы  |  | не предусмотрены |
| Другие виды самостоятельной работы:<br>- подготовка к лабораторным работам<br>- подготовка к практическим занятиям |  | 10               |
| Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (зачет)   |  | не предусмотрен  |
| Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)   |  | 7+36(экз)        |
| <b>Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)</b>   |  | <b>78</b>        |
| В том числе:   |  |                  |
| Курсовая работа  |  | 10               |
| Курсовой проект  |  | не предусмотрен  |
| Расчетно-графические работы  |  | не предусмотрены |
| Практические занятия (ПЗ)  |  | 15               |
| Лабораторные работы (ЛР)   |  | не предусмотрены |

## 5. Структура и содержание дисциплины

Структура и содержание дисциплины построены по модульно-блочному принципу. Под разделом (модулем, темой) дисциплины понимается укрупненная логико-понятийная тема, характеризующаяся общностью использованного понятийно-терминологического аппарата.

### 5.1 Структура дисциплины

Таблица 2. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

| №         | Наименование модуля  | Трудоём-<br>кость,<br>часы | Лекции | Практич.<br>занятия | Лаб.<br>практи-<br>кум | Сам.<br>работа |
|-----------|--|----------------------------|--------|---------------------|------------------------|----------------|
| 1 семестр |  |                            |        |                     |                        |                |
| 1         | Введение. Основные понятия и определения   | 14                         | 2      | 1                   | -                      | 11             |
| 2         | Ступенчатые процессы синтеза полимеров   | 35                         | 12     | 5                   | -                      | 18             |
| 3         | Закономерности цепных реакций образования макромолекул   | 35                         | 12     | 5                   | -                      | 18             |
| 4         | Химические реакции полимеров   | 24                         | 4      | 4                   | -                      | 16             |
|           | <i>Всего часов за 1 семестр</i>  | 108                        | 30     | 15                  | -                      | 63             |
| 5         | Особенности молекулярного строения полимеров   | 31                         | 6      | 4                   | -                      | 12+9(экз.)     |
| 6         | Физические (релаксационные) состояния полимеров и особенности их физико-механических свойств в | 33                         | 8      | 4                   | -                      | 12+9(экз.)     |

|   |   |            |           |           |   |                    |
|---|---|------------|-----------|-----------|---|--------------------|
|   | каждом из состояний                     |            |           |           |   |                    |
| 7 | Растворы полимеров                      | 33         | 8         | 4         | - | 12+9(экз.)         |
| 8 | Некоторые физические свойства полимеров | 31         | 8         | 2         | - | 12+9(экз.)         |
|   | <i>Всего часов за 2 семестр</i>         | 108        | 30        | 15        | - | 48+36(экз.)        |
|   | <b>Всего на дисциплину</b>              | <b>216</b> | <b>60</b> | <b>30</b> | - | <b>96+36(экз.)</b> |

## 5.2 Содержание дисциплины

### **МОДУЛЬ 1 «Введение. Основные понятия и определения»**

Содержание и задачи курса. Характеристика процессов полимеризации: определение полимеризации, природа реакционных центров, отличительные черты процесса. Мономеры, их функциональность и типы.

Цепные и ступенчатые реакции полимеризации: константы скоростей элементарных реакций и соотношение между ними при различных видах полимеризации; «безобрывная» полимеризация. Термодинамическая возможность процессов полимеризации.

### **МОДУЛЬ 2 «Ступенчатые процессы синтеза полимеров»**

Общая характеристика и классификация ступенчатых процессов. Основы теории поликонденсации.

Характеристика процесса: определение поликонденсации, мономеры, реакционные центры, функциональность потенциальная, практическая и средняя, классификация поликонденсационных процессов. Реакции гомо- и гетерополиконденсации. Типы химических реакций, используемых при поликонденсации. Возможность образования низкомолекулярных гетероциклических соединений при поликонденсации: влияние строения молекулы мономера, концентрации реагирующих веществ и температуры.

Равновесная поликонденсация. Отличительные особенности равновесной поликонденсации. Реакции процесса: начало роста цепи, рост цепи, статистический характер стадии роста цепи, зависимость молекулярной массы от степени завершенности реакции, деструктивные и обменные реакции, остановка роста цепи: основные причины, вывод уравнения поликонденсационного равновесия, правило неэквивалентности функциональных групп. Кинетика равновесной поликонденсации. Способы проведения процесса: в расплаве, в растворе, в твердой фазе.

Неравновесная поликонденсация. Отличительные особенности процесса. Виды неравновесной поликонденсации: полиэтерификация, полиамидирование, полиалкилирование, полисилоксанирование, окислительная дегидрополиконденсация, полирекомбинация, полициклизация.

Способы проведения процесса: в расплаве, в растворе, в твердой фазе, на границе раздела фаз, в эмульсии, причины неравновесного характера реакций. Низкотемпературная поликонденсация в растворе, роль растворителя. Эмульсионная поликонденсация: характерные черты процесса, особенности подбора растворителя, роль акцептора хлористого водорода. Поликонденсация

на границе раздела жидкость-жидкость: синтез полиамидов и полиэфиров, компоненты реакционной смеси, механизм роста цепи, причины остановки роста цепи, влияние различных факторов на молекулярную массу полимеров, их выход и скорость процесса. Поликонденсация на границе раздела жидкость-газ: применяемые мономеры, влияние температуры на процесс. Достоинства и недостатки способов проведения процесса. Трехмерная поликонденсация и ее основные закономерности.

Миграционная полимеризация. Характеристика процесса. Определение миграционной полимеризации, ступенчатый характер процесса, общая схема механизма полимеризации, условие образования высокополимеров. Полимеризация с участием диизоцианатов. Гидролитическая полимеризация карбонильных и гетероциклических соединений: активация, полимеризация формальдегида, капролактама, обратимость реакции гетероциклов, роль и виды напряженности циклов.

### **МОДУЛЬ 3 «Закономерности цепных реакций образования макромолекул»**

Радикальная полимеризация. Характеристика радикальных процессов: реакционные центры, механизм процесса, отдельные этапы. Мономеры, полимеризующиеся по радикальному механизму, влияние на их активность стерического эффекта, полярности, эффекта сопряжения.

Инициирование. Термическая полимеризация: механизм образования свободных радикалов, недостатки способа. Фотохимическая полимеризация: механизм образования свободных радикалов, источники светового облучения, закономерности процесса, сенсibilизаторы, спонтанная дезактивация, темновой период. Радиационная полимеризация: виды излучений, возможности радикальных и ионных процессов полимеризации, закономерности процесса.

Инициированная полимеризация (химическое инициирование). Роль инициаторов. Общая схема инициированной полимеризации. Присоединение свободного радикала, образующегося при распаде инициатора, к мономеру. Эффективность инициирования. Вещества, легко распадающиеся на свободные радикалы: пероксиды, гидропероксиды, азо- и диазосоединения, неорганические персульфаты, металлоорганические соединения, роль кислорода в процессе инициирования. Недостатки инициаторов этого типа. Окислительно-восстановительные системы инициирования, их достоинства, классификация. Реактив Фентона.

Рост цепи. Определение стадии. Скорость и средняя степень полимеризации. Гель-эффект. Тепловой эффект стадии роста цепи. Зависимость теплового эффекта от строения мономера. Активность и стабильность образующегося радикала. Преимущественный рост по типу "голова к хвосту".

Трехмерная полимеризация. Циклополимеризация. Обрыв цепи. Определение стадии. Виды обрыва цепи: обрыв материальной цепи, обрыв кинетической цепи. Причины обрыва цепи: рекомбинация, диспропорционирование, перенос цепи на макромолекулу, на мономер, на

растворитель. Регулирование молекулярной массы полимеров в ходе полимеризации. Теломеризация. Ингибирование радикальной полимеризации: замедлители, ингибиторы, стопперы.

Кинетический анализ радикальной полимеризации. Типичная кинетическая кривая радикальной полимеризации. Различные этапы процесса. Влияние физических факторов на скорость и степень полимеризации: температуры, давления, концентрации мономера и инициатора. Вывод кинетических закономерностей.

Ионная полимеризация. Отличительные особенности процесса. Три формы существования активных центров, равновесие между ними, роль растворителя и противоиона.

Катионная полимеризация. Характеристика процесса, мономеры, катализаторы. Механизм полимеризации в присутствии протонных кислот, катализаторов Фриделя-Крафтса, кислот Льюиса: инициирование, рост цепи, обрыв цепи. Реакционная способность мономеров и активных центров. Кинетический анализ процесса.

Анионная полимеризация. Характеристика процесса, мономеры, катализаторы. Механизм полимеризации: инициирование в присутствии свободных анионов, металлоорганических соединений, щелочных металлов; рост цепи, влияние природы противоиона, мономера и растворителя на скорость полимеризации и структуру полимера, особенности полимеризации в присутствии литийорганических соединений, обрыв цепи, различные схемы обрыва. "Живые" полимеры. Ионная полимеризация гетероциклов, преимущества ионной полимеризации в сравнении с гидролитической, полимеризация оксида этилена в присутствии триалкоксиалюминия, щелочная полимеризация капролактама.

Ионно-координационная полимеризация. Отличия ионно-координационной полимеризации. Полимеризация на оксидных катализаторах: структура хромоксидного катализатора, роль носителя, активные центры, механизм действия катализатора, активность мономеров, структура и молекулярная масса образующихся полимеров.

Полимеризация на катализаторах Циглера-Натта: состав и строение катализатора, механизм полимеризации, схема полимеризации, схема полимеризации моноолефинов, схема полимеризации сопряженных диолефинов, реакции обрыва цепи.

Сополимеризация. Определение процесса. Виды сополимеризации. Статистические сополимеры. Значение совместной сополимеризации. Вывод дифференциального и интегрального уравнений состава сополимера. Константы сополимеризации, частные случаи процесса. Ионные процессы сополимеризации, их отличия от радикальных процессов.

Блок-сополимеры. Строение и свойства. Основные способы получения: в процессе полимеризации мономеров (безобрывная анионная или ионно-координационная полимеризация под влиянием катализаторов Циглера-Натта, миграционная полимеризация, радикальная полимеризация), путем химических превращений полимеров (введение в гомополимер легко окисляющихся

концевых групп, механохимия и ультразвук, взаимодействие полимеров, имеющих на концах макромолекул активные концевые группы).

Привитые сополимеры. Структура макромолекул, их отличительные особенности. Основные способы получения привитых сополимеров: перенос цепи через полимер, метод "активных точек", прививка к макромолекуле полимерных цепей другого типа путем ступенчатой полимеризации.

Способы проведения полимеризации. Классификация способов проведения полимеризации. Полимеризация в среде мономера: газофазная, блочная, суспензионная, в твердой фазе. Полимеризация в растворе, разновидности растворной полимеризации, достоинства и недостатки. Полимеризация в эмульсии, роль эмульгатора, достоинства и недостатки способа.

#### **МОДУЛЬ 4 «Химические реакции полимеров»**

Особенности химических реакций полимеров. Классификация реакций химических превращений.

Полимераналогичные превращения. Характеристика процесса. Особенности проведения реакций. Полимераналогичные превращения синтетических и природных полимеров как метод получения полимеров: поливинилацетат - поливиниловый спирт – поливинилацетали.

Макромолекулярные реакции удлинения цепи. Значение линейного удлинения цепей. Виды реакций концевых групп. Агенты линейного сшивания.

Структурирование полимеров. Основные понятия и определения: структурирование, сшивание, вулканизация, отверждение, структурирующие (сшивающие) агенты, вулканизаторы, отвердители, реактопласты, термопласты.

Вулканизация ненасыщенных и насыщенных каучуков с использованием вулканизирующих агентов, генераторов свободных радикалов, низкомолекулярных добавок.

Отверждение полимеров методами полимеризации и поликонденсации. Отверждение терморезистивных полимеров: фенолоформальдегидных смол, мочевиноформальдегидных смол. Изменение свойств полимеров при структурировании.

Деструкция полимеров. Основные понятия и классификация реакций деструкции. Деструктирующие агенты. Отношение полимеров к различным видам деструкции.

Деструкция под влиянием физических воздействий. Механизм физической деструкции. Механическая деструкция. Термическая деструкция, деполимеризация. Фотохимическая деструкция. Деструкция под влиянием облучений.

Деструкция под влиянием химических агентов. Три вида химической деструкции. Окислительная деструкция: механизм процесса, окисление ненасыщенных и насыщенных полимеров.

Деструкция под влиянием омыляющих агентов: полимеры, подверженные этому виду деструкции, омыляющие агенты и вызываемая ими деструкция,

степень чувствительности к омылению различных связей. Механизм реакций гидролиза, ацидолиза, аминолиза, алкоголиза, переамидирования и переэтерификации.

Деструкция под влиянием остальных агентов.

Старение полимеров Суть процесса. Факторы старения. Основные процессы химических превращений при старении. Механизм старения. Предотвращение старения. Стабилизаторы фенольного, аминного, фосфорного и др. типов.

### **МОДУЛЬ 5 «Особенности молекулярного строения полимеров»**

Стереохимия полимеров. Полимеры регулярные и нерегулярные, причины нерегулярности. Стереорегулярность, пространственная изомерия и ее причины. Цис-, транс-изомерия ненасыщенных полимеров, L,D-изомерия насыщенных полимеров, изотактические, синдиотактические, дитактические, атактические полимеры. Микротаكتичность. Зависимость свойств полимеров от пространственного строения полимерной цепи.

Структура макромолекул полимеров. Линейные, разветвленные, пространственные полимеры, их основные отличительные особенности.

Молекулярно-массовое распределение (ММР). Полидисперсность высокомолекулярных соединений. Средние молекулярные массы полимеров. Фракционирование полимеров. Интегральная и дифференциальная кривые ММР. Возможности регулирования ММР.

Внутреннее вращение в полимерах. Вращение атомов и групп атомов относительно одинарной связи. Потенциальный барьер вращения. Отличительные особенности внутреннего вращения в полимерах. Конформации полимерных цепей. Наиболее вероятное и среднеквадратичное расстояние между концами макромолекулы. Средний радиус инерции.

Внутри- и межмолекулярные взаимодействия. Взаимодействия ближнего и дальнего порядка. Природа сил межмолекулярного взаимодействия. Возможность образования водородных связей в полимерах. Энергия когезии как мера интенсивности физического взаимодействия в полимерах.

Гибкость полимерных цепей. Термодинамическая и кинетическая гибкость цепи. Факторы, определяющие гибкость макромолекулы. Влияние строения полимерной цепи на ее гибкость. Механический и термодинамический сегменты.

### **МОДУЛЬ 6 «Физические (релаксационные) состояния полимеров и особенности их физико-механических свойств в каждом из состояний»**

Физические состояния низко- и высокомолекулярных соединений.

Фазовые и агрегатные состояния низкомолекулярных соединений. Фазовые и агрегатные состояния полимеров. Понятие о структурной фазе. Физические состояния полимеров: кристаллическое, стеклообразное, высокоэластическое, вязкотекучее, взаимные переходы из одного состояния в другое. Температуры переходов: кристаллизации, стеклования, плавления, текучести, хрупкости.

Типы надмолекулярных структур у полимеров. Структурообразование аморфных полимеров. Надмолекулярные структуры кристаллических полимеров. Регулирование характера надмолекулярных образований в полимерах.

Кристаллическое состояние полимеров. Основные условия кристаллизации полимеров. Влияние различных факторов на глубину и скорость кристаллизации. Зависимость скорости кристаллизации от температуры. Механизм и кинетика кристаллизации. Характер деформации кристаллических полимеров. Морфология кристаллических полимеров. Жидкокристаллическое состояние полимеров и типы жидких кристаллов.

Стеклообразное состояние полимеров. Характеристика состояния. Температура хрупкости и температура стеклования. Термомеханические кривые для полимеров различной молекулярной массы. Поведение стеклообразных полимеров при деформации. Явление вынужденной эластичности.

Высокоэластическое состояние полимеров. Особенности высокоэластического состояния. Два типа упругих тел и характер высокоэластической деформации. Термодинамическое рассмотрение природы упругих сил: силы энергетического и энтропийного характера. Кинетическая теория высокоэластичности. Релаксационный характер процессов деформации эластомеров. Влияние температуры на время релаксации. Явление гистерезиса.

Вязкотекучее состояние полимеров. Характеристика состояния. Температура текучести. Реология расплавов полимеров. Ориентация макромолекул при течении полимера. Структурная вязкость. Механическое стеклование. Химическое течение. Пластическая и общая деформация полимеров.

## **МОДУЛЬ 7 «Растворы полимеров»**

Отличия растворов полимеров от растворов низкомолекулярных веществ. Свойства разбавленных растворов полимеров. Осмотическое давление. Второй вириальный коэффициент и  $\theta$ -температура. Определение "хороших" и "плохих" растворителей. Взаимосвязь вязкости разбавленных растворов с концентрацией и молекулярной массой полимера. Светорассеяние в растворах полимеров. Методы определения средних молекулярных масс полимеров в растворах: седиментация, криоскопия, эбулиоскопия, метод концевых групп.

Основы термодинамики растворов полимеров. Самопроизвольный характер процессов растворения. Влияние температуры на процесс растворения полимеров. Тепловой эффект при растворении полимеров. Изменение свободной энергии и энтропии при растворении. Модель полимерного раствора Флори-Хаггинса.

Набухание и растворение. Механизм растворения полимеров. Сольватация. Набухание. Зависимость характера набухания от структуры полимера и типа растворителя: ограниченное и неограниченное набухание. Кинетика набухания. Контракция при набухании. Интегральная и дифференциальная теплоты набухания.

Ассоциация в растворах полимеров. Межмолекулярные взаимодействия в растворах полимеров. Влияние различных факторов на степень ассоциации. Образование и плавление студней. Явление синерезиса.

Концентрирование растворы полимеров. Характеристика концентрированных растворов. Пластификация полимеров, цели, преследуемые пластификацией. Пластификаторы, их разновидности и требования, предъявляемые к ним. Пластификация полимерами, внутренняя пластификация. Снижение температуры стеклования как важнейший результат пластификации. Причины сужения области вынужденноэластического состояния при пластификации. Критические температуры смешения. Межпачечная и внутripачечная пластификация. Механизм пластификации полярных и неполярных полимеров. Пластификационный эффект реальных полимеров.

### **МОДУЛЬ 8 «Некоторые физические свойства полимеров»**

Прочность и долговечность. Механическая прочность. Долговечность материала. Механизм разрушения полимеров. Ориентация макромолекул вблизи очага разрушения. Кинетика процесса разрушения.

Адгезия и аутогезия. Основные понятия и определения. Теории адгезии: механическая, молекулярная, электрическая, диффузионная, химическая. Влияние различных факторов на величину адгезии. Образование аутогезионной связи на основании представлений о пачечной структуре полимеров.

Проницаемость полимеров. Сорбция и диффузия газов и жидкостей в полимерах. Газопроницаемость, Зависимость проницаемости от структуры и физического состояния полимеров. Влияние природы газа на проницаемость полимера. Влияние температуры и давления на газопроницаемость. Паропроницаемость.

Электрические свойства полимеров. Характер полимеров по электропроводности. Характер электропроводности в полимерах. Электропроводность полимеров с сопряженными двойными связями. Полимеры как диэлектрики. Удельное электрическое сопротивление, электрическая прочность, диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь - основные характеристики диэлектриков.

### **5.3. Лабораторный практикум**

Учебным планом лабораторные занятия не предусмотрены.

### **5.4. Практические и (или) семинарские занятия**

Практические занятия проводятся по программе лекционного курса и включают углубленную проработку теоретических основ синтеза полимеров, выпускаемых промышленностью, изучение их структуры и свойств, проработку отдельных вопросов по темам курсовой работы.

Таблица 3. Тематика практических занятий и их трудоемкость

| Порядковый номер модуля.<br>Цели практических занятий   | Примерная тематика практического занятия   | Трудо-<br>емкость<br>в часах |
|---|--|------------------------------|
| <b>Модуль 2</b><br>Цель: знакомство с полимерами, получаемыми поликонденсацией  | Сложные полиэфиры. Полиамиды: линейные полиамиды, аминопласты. Эпоксидные полимеры.  | 6                            |
| <b>Модуль 3</b><br>Цель: знакомство с полимерами, получаемыми полимеризацией  | Ароматические полимеры: полистирол, полиметиленафенолы. Полиолефины: полиэтилен, полипропилен, полиизобутилен. Полимеры галоидпроизводных этилена: политетрафторэтилен, поливинилхлорид. | 6                            |
| <b>Модуль 4</b><br>Цель: знакомство с полимерами, получаемыми путем полимераналогичных превращений                      | Полимерные спирты и их производные: поливиниловый спирт, поливинилацетали, поливинилацетат.  | 3                            |
| <b>Модуль 5</b><br>Цель: изучение молекулярного строения полимеров  | Полимеры регулярные и нерегулярные. Линейные, разветвленные, пространственные полимеры. Конформации полимерных цепей.  | 4                            |
| <b>Модуль 6</b><br>Цель: изучение физико-механических свойств полимеров, находящихся в различных физических состояниях. | Кристаллическое, стеклообразное, высокоэластическое, вязкотекучее состояние полимеров. Надмолекулярные структуры кристаллических полимеров.  | 4                            |
| <b>Модуль 7</b><br>Цель: изучение поведения полимеров в растворах   | Свойства разбавленных растворов полимеров. Седиментация, криоскопия, эбулиоскопия, метод концевых групп.   | 4                            |
| <b>Модуль 8</b><br>Цель: изучение физических свойств полимеров  | Прочность, адгезия, проницаемость электропроводность, удельное электрическое сопротивление.  | 3                            |

## 6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль их успеваемости

### 6.1. Цели самостоятельной работы

Основными целями самостоятельной работы бакалавров является формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых, рациональных и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

### 6.2. Организация и содержание самостоятельной работы

Самостоятельная работа заключается в проработке отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендованной им учебной и научной литературе, методическим рекомендациям кафедры; подготовке курсовой работы, доклада и презентации; подготовке к зачету и экзамену.

После вводных лекций, в которых обозначается содержание дисциплины, ее проблематика и практическая значимость, студентам выдаются темы курсовой работы, определяется порядок подготовки доклада и презентации для его защиты. Курсовая работа выполняется в соответствии с методическими указаниями по выполнению курсовой работы, разработанными на кафедре.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **7.1. Основная литература**

1. Кулезнев, В.Н. Химия и физика полимеров : учебное пособие для вузов по направлению «Химическая технология» / В.Н. Кулезнев, В.А. Шершнев. - 3-е изд., испр. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2022. - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 15.07.2022. - ISBN 978-5-8114-1779-7. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211685> . - (ID=106021-0)
2. Кулезнев В.Н. Химия и физика полимеров : учебник для вузов / В.Н. Кулезнев, В.А. Шершнев. - 2-е изд., доп. и перераб. - М. : КолосС, 2007. - 367 с. - (Для высшей школы). - Библиогр. в конце частей. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-9532-0466-8 : 378 р. - (ID=66854-26)
3. Тагер, А.А. Физико-химия полимеров : учебное пособие / А.А. Тагер; под редакцией А.А. Аскадского. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Научный мир, 2007. - 575 с. : ил. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-589-176-437-8 : 580 р. - (ID=71760-5)
4. Панкратов, Е.А. Химия и физика полимеров : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса. Ч. 2 : Физика полимеров / Е.А. Панкратов, Н.Ю. Старовойтова, Т.Л. Кравец; Тверской гос. техн. ун-т. - 1-е изд. - Тверь : ТвГТУ, 2010. - 123 с. : ил. - (УМК-У). - Библиогр.: с. 120. - Сервер. - Текст : непосредственный. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-7995-0530-1 : 83 р. 90 к. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/83480> . - (ID=83480-115)
5. Панкратов, Е.А. Химия и физика полимеров : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса. Ч. 1 : Химия полимеров / Е.А. Панкратов, Н.Ю. Старовойтова; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2008. - 120 с. - (УМК-У). - Библиогр. : с. 120. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-7995-0425-0 : 61 р. 19 к. - (ID=73010-122)
6. Панкратов Е.А. Химия и физика полимеров : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса. Ч. 1 : Химия полимеров / Е.А. Панкратов, Н.Ю. Старовойтова; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2008. - (УМК-У). - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - (ID=72933-1)

## 7.2. Дополнительная литература

1. Химия и физика высокомолекулярных соединений : учеб. пособие для вузов / Н.И. Дувакина [и др.]; Ленингр. технол. ин-т им. Ленсовета. - Л. : ЛТИ им. Ленсовета, 1984. - Текст : непосредственный. - 0-65. - (ID=85253-8)
2. Хохлов, А.Р. Лекции по физической химии полимеров / А.Р. Хохлов, С.И. Кучанов. - Москва : Мир, 2000. - 192 с. - ISBN 5-03-003317-3 : 46 р. - (ID=6849-3)
3. Крыжановский, В.К. Прикладная физика полимерных материалов : в составе учебно-методического комплекса / В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов; Санкт-Петербургский государственный технологический институт. - СПб., 2001. - 261 с. : ил. - (УМК-У). - Библиогр. : с. 231. - ISBN 5-230-09639 : 93 р. - (ID=8808-5)
4. Никифоров В.А. Химия и физика полимеров. Основы физики полимеров : учеб. пособие / В.А. Никифоров, Е.А. Панкратов; Калининский политехн. ин-т. - Калинин : КГУ, 1987. - 92 с. : ил. - Библиогр. : с. 90. - Текст : непосредственный. - 20 к. - (ID=61439-26)
5. Леонович, А. А. Физика и химия полимеров / А. А. Леонович. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 104 с. — ISBN 978-5-507-47179-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/338012> (дата обращения: 27.09.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=142439-0)
6. Малахова, Ю. Н. Физико-химия полимеров : учебное пособие / Ю. Н. Малахова, Т. Е. Григорьев, С. Н. Чвалун. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 58 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/265595> (дата обращения: 27.09.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=162063-0)
7. Хакимуллин, Ю. Н. Химия и физика полимеров. Растворы и смеси полимеров : учебное пособие / Ю. Н. Хакимуллин, Л. Ю. Закирова. — Казань : КНИТУ, 2019. — 132 с. — ISBN 978-5-7882-2685-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/196103> (дата обращения: 27.09.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=162064-0)
8. Аржаков, М. С. Химия и физика полимеров. Краткий словарь : учебное пособие / М. С. Аржаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 344 с. — ISBN 978-5-8114-4047-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130153> (дата обращения: 27.09.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=162065-0)

## 7.3. Методические материалы

1. Оценочные средства по дисциплине "Физико-химия полимеров" направления подготовки 18.03.01 Химическая технология. Профиль: Технология и переработка полимеров : в составе учебно-методического комплекса / Каф. Технология полимерных материалов ; разработ. К.В. Чалов. - Тверь : ТвГТУ, 2017. - (УМК-В). - [Сервер](#). - Текст : электронный. - (ID=130879-0)
2. Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине "Физико-химия полимеров" направления подготовки 18.03.01 Химическая технология. Профиль: Технология и переработка полимеров : в составе учебно-методического комплекса / Каф. Технология полимерных материалов ; разработ. К.В. Чалов. - Тверь : ТвГТУ, 2017. - (УМК-В). - [Сервер](#). - Текст : электронный. - (ID=130881-0)
3. Комплект контрольных заданий по основным разделам курса "Физико-химия полимеров" направления подготовки 18.03.01 Химическая технология. Профиль: Технология и переработка полимеров : в составе учебно-методического комплекса / Каф. Технология полимерных материалов ; разработ. К.В. Чалов. - Тверь : ТвГТУ, 2017. - (УМК-В). - [Сервер](#). - Текст : электронный. - (ID=130882-0)
4. Комплект задач по дисциплине "Физико-химия полимеров" направления подготовки 18.03.01 Химическая технология. Профиль: Технология и переработка полимеров : в составе учебно-методического комплекса / Каф. Технология полимерных материалов ; разработ. К.В. Чалов. - Тверь : ТвГТУ, 2017. - (УМК-В). - [Сервер](#). - Текст : электронный. - (ID=130880-0)
5. Химия и физика полимеров : задания к практ. и самостоятельным занятиям по дисциплине "Химия и физика полимеров" для спец. 240501 Хим. технология высокомолекулярных соединений, направлений: 240100.62 Хим. технология и биотехнология, 240100 Хим. технология : в составе учебно-методического комплекса / Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ТПМ ; сост. Е.А. Панкратов. - Тверь : ТвГТУ, 2012. - 15 с. - (УМК-П). - CD. - Сервер. - Текст : непосредственный. - Текст : электронный. - [б. ц.]. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/93370> . - (ID=93370-2)
6. Учебно-методический комплекс дисциплины обязательной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" "Физико-химия полимеров". Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология. Направленность (профиль): Химическая технология высокомолекулярных соединений : ФГОС 3++ / Каф. Химии и технологии полимеров ; сост. К.В. Чалов. - 2022. - (УМК). - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/116835> . - (ID=116835-1)

#### 7.4. Программное обеспечение по дисциплине

Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

Microsoft Office 2007 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

## **7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет**

ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭК ТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ": сетевая версия (годовое обновление): [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНиПы и др.]. Диск 1, 2, 3, 4. - М.:Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст: электронный. - 119600 р. – (105501-1)
  1. База данных учебно-методических комплексов: <https://lib.tstu.tver.ru/header/umk.html>

УМК размещен: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/116835>

## **8. Материально-техническое обеспечение**

При изучении дисциплины «Физико-химия полимеров» используются современные средства обучения, возможна демонстрация лекционного материала с помощью мультипроектора. Аудитория для проведения лекционных занятий, проведения защит и презентаций курсовых работ оснащена современной компьютерной и офисной техникой, необходимым программным обеспечением, электронными учебными пособиями и законодательно-правовой поисковой системой, имеющий выход в глобальную сеть.

## **9. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации**

### **9.1. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации в форме экзамена**

1. Экзаменационный билет соответствует форме, утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования с учетом профессиональных стандартов. Типовой образец экзаменационного билета приведен в Приложении. Обучающемуся даётся право выбора заданий из числа, содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует.

Число экзаменационных билетов – 20. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3 (2 вопроса для категории «знать» и 1 вопрос для категории «уметь»).

2. Шкала оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

3. Виды критериев уровня сформированности компетенций:

Допуск до экзамена (бинарный критерий) – допущен или не допущен. Показателем является выполнение всех контрольных мероприятий по текущему контролю успеваемости.

Критерии оценки и ее значения для категории «знать»:

Ниже базового – 0 баллов.

Базовый уровень – 1 балл.

Повышенный уровень – 2 балла.

Критерии оценки и ее значение для категории «уметь»:

Отсутствие умения – 0 баллов.

Наличие умения – 2 балл.

4. Вид экзамена – письменный экзамен, включающий решение задач с использованием справочного материала и непрограммируемого калькулятора.

**5. База заданий, предъявляемая обучающимся на экзамене:**

1. Номенклатура регулярных линейных однотяжных органических полимеров

2. Различия в свойствах высоко- и низкомолекулярных соединений

3. Классификация полимеров

4. Классификация и номенклатура сополимеров

5. Поликонденсация. Характеристика процесса

6. Поликонденсация. Функциональность полимера

7. Поликонденсация. Гомо- и гетерополиконденсация. Типы химических реакций

8. Поликонденсация. Возможность образования низкомолекулярных гетероциклических соединений

9. Неравновесная поликонденсация. Особенности. Виды.

10. Кинетика неравновесной поликонденсации

11. Способы проведения неравновесной поликонденсации

12. Трехмерная поликонденсация. Способы получения полимеров сетчатой структуры

13. Равновесная поликонденсация. Особенности

14. Равновесная поликонденсация. Механизм. Начало роста цепи.

15. Равновесная поликонденсация. Механизм. Рост цепи. Реакции деструкции.

16. Равновесная поликонденсация. Механизм. Остановка роста цепи.

17. Равновесная поликонденсация. Механизм. Нарушение структуры функциональных групп

18. Кинетика равновесной поликонденсации.

19. Равновесная поликонденсация. Способы проведения.

20. Полимеризация. Особенности. Виды реакций.

21. Полимеризация. Этапы образования макромолекул.
22. Полимеризация. Цепные и ступенчатые реакции.
23. Полимеризация. Термодинамическая возможность.
24. Миграционная полимеризация.
25. Радикальная полимеризация. Характеристика.
26. Радикальная полимеризация. Мономеры.
27. Радикальная полимеризация. Инициирование.
28. Радикальная полимеризация. Термическое и фотоинициирование.
29. Радикальная полимеризация. Радиационное и химическое инициирование.
30. Радикальная полимеризация. Рост цепи.
31. Радикальная полимеризация. Обрыв цепи.
32. Радикальная полимеризация. Передача цепи на мономер, инициатор, растворитель, полимер.
33. Радикальная полимеризация. Общая кинетическая схема.
34. Радикальная полимеризация. Замедлители и ингибиторы. Влияние различных факторов на процесс (температура, давление, концентрации).
35. Радикальная полимеризация. Гель-эффект.
36. Радикальная полимеризация. Методы проведения. ПМ в массе, в растворителе, в суспензии.
37. Радикальная полимеризация. Методы проведения. Эмульсионная ПМ.
38. Радикальная сополимеризация. Уравнение состава сополимера.
39. Радикальная сополимеризация. Константы сополимеризации.
40. Ионная полимеризация. Особенности.
41. Катионная полимеризация. Катализаторы.
42. Катионная полимеризация. Реакционная способность мономеров.
43. Катионная полимеризация. Механизм процесса. Инициирование.
44. Катионная полимеризация. Механизм процесса. Рост и обрыв цепи.
45. Анионная полимеризация. Особенности. Механизм процесса. Инициирование.
46. Анионная полимеризация. Механизм процесса. Рост и ограничение цепи.
47. Координационно-ионная полимеризация. Особенности. Алифатические катализаторы.
48. Координационно-ионная полимеризация. Особенности. Катализаторы Циглера-Натта.
49. Координационно-ионная полимеризация. Особенности. Паллильные комплексы. Оксидные катализаторы.
50. Химические превращения ВМС. Особенности.
51. Химические превращения ВМС. Влияние различных факторов (структуры полимера, растворимости и т.д.).
52. Химические превращения ВМС. Полимераналогичные превращения.

53. Химические превращения ВМС. Реакции в цепях полимеров, приводящие к увеличению ММ.

54. Химические превращения ВМС. Реакции в цепях полимеров, приводящие к уменьшению ММ.

55. Химические превращения ВМС. Старение полимеров.

56. Получение полиэтилена (мономер, химизм и механизм процесса, инициатор).

57. Получение поливинилхлорида (мономер, химизм и механизм процесса, инициатор).

58. Получение полистирола (мономер, химизм и механизм процесса, инициатор).

59. Получение полиметилметакрилата (мономер, химизм и механизм процесса, инициатор).

60. Получение полиэтилентерефталата (мономер, химизм и механизм процесса, инициатор).

61. Получение полиамида 6 (мономер, химизм и механизм процесса, инициатор).

62. Получение полиамида 66 (мономер, химизм и механизм процесса, инициатор).

63. Получение фенолформальдегидных смол (новолаки) (мономер, химизм и механизм процесса, инициатор).

64. Получение фенолформальдегидных смол (резолы) (мономер, химизм и механизм процесса, инициатор).

## **9.2. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации в форме зачета**

1. Шкала оценивания промежуточной аттестации – «зачтено», «не зачтено».

2. Вид промежуточной аттестации в форме зачёта.

Вид промежуточной аттестации устанавливается преподавателем по согласованию с заведующим кафедрой:

по результатам текущего контроля знаний обучающегося и выполнением дополнительного итогового контрольного испытания при наличии задолженностей в текущем контроле.

3. Для дополнительного итогового контрольного испытания студенту в обязательном порядке предоставляются:

база заданий, предназначенных для предъявления обучающемуся на дополнительном итоговом контрольном испытании (типовой образец задания приведен в Приложении 2; задание выполняется письменно;

методические материалы, определяющие процедуру проведения дополнительного итогового испытания и проставления зачета.

Критерии выполнения контрольного испытания и условия проставления зачета:

- для категории «знать» (бинарный критерий):

Ниже базового – 0 балла;

Базовый уровень – 1 балл.

- для категории «уметь» (бинарный критерий):

Отсутствие умения – 0 баллов;

Наличие умения – 1 балл.

Критерии итоговой оценки за зачет:

«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;

«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Число заданий для дополнительного итогового контрольного испытания – 20. Число вопросов – 3 (2 вопроса для категории «знать» и 1 вопрос для категории «уметь»).

Продолжительность – 60 минут.

4. При промежуточной аттестации без выполнения дополнительного итогового контрольного испытания студенту в обязательном порядке предоставляются критерии проставления зачета:

«зачтено» - выставляется обучающемуся при условии выполнения им всех контрольных мероприятий: выполнение всех практических заданий.

### **9.3. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации в форме курсовой работы**

1. Шкала оценивания курсовой работы – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

2. Примерная тематика курсовой работы (5 семестр).

- 1) Полиэтилен
- 2) Полипропилен
- 3) Полиэтилентерефталат
- 4) Полиамиды
- 5) Политетрафторэтилен
- 6) Поливинилхлорид
- 7) Полистирол
- 8) Эпоксидные полимеры
- 9) Фенолоформальдегидные олигомеры
- 10) Мочевиноформальдегидные олигомеры
- 11) Поликарбонаты
- 12) Синтетические каучуки.

В течение 5 семестра студент выполняет три контрольные работы из названных тем. Студент по согласованию с преподавателем может самостоятельно выбрать объект курсовой работы на базе организации или предприятия, на котором проводится практика или научно-исследовательская работа.

Курсовая работа может являться этапом подготовки к написанию ВКР.

3. Перечень компетенций, формируемых в процессе выполнения курсовой работы:

способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-1);

готовностью применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности; использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования (ПК-2);

готовностью использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности (ПК-18);

владением методами определения физико-химических и прочностных характеристик полимерных материалов и изделий (ПКД-4).

4. Критерии оценки качества выполнения, как по отдельным разделам курсовой работы, так и работы в целом.

Разделы курсовой работы по дисциплине «Физико-химия полимеров»:

| № раздела | Наименование раздела             | Баллы по шкале уровня                                  |
|-----------|----------------------------------|--|
|           | Термины и определения            | Выше базового – 2<br>Базовый – 1<br>Ниже базового – 0  |
|           | Введение                         | Выше базового – 2<br>Базовый – 1<br>Ниже базового – 0  |
|           | Общая часть                      | Выше базового – 12<br>Базовый – 8<br>Ниже базового – 0 |
|           | Заключение                       | Выше базового – 2<br>Базовый – 1<br>Ниже базового – 0  |
|           | Список использованных источников | Выше базового – 2<br>Базовый – 1<br>Ниже базового – 0  |

Критерии оценки за курсовую работу:

«отлично» – при сумме баллов от 18 до 20;

«хорошо» – при сумме баллов от 14 до 17;

«удовлетворительно» – при сумме баллов от 10 до 13;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 11, а также при любой другой сумме, если по разделу «Общая часть» работа имеет 0 баллов.

Оценка итоговой курсовой работы складывается как среднее оценок трех выполненных контрольных работ

5. Методические материалы, определяющие процедуру выполнения и представления работы и технологию её оценивания.

Курсовая работа по физико-химии полимеров включает выполнение студентом самостоятельных расчетов, а также ознакомление с физико-химическими и технологическими основам производства полимеров.

Курсовая работа состоит из трех контрольных работ. Каждая работа состоит из титульного листа, содержания, нормативных ссылок, терминов и определений, сокращений, введения, основной части, заключения, списка использованных источников и приложений (при необходимости). Текст должен быть структурирован, содержать рисунки и таблицы. Рисунки и таблицы должны располагаться сразу после ссылки на них в тексте таким образом, чтобы их можно было рассматривать без поворота курсовой работы. Если это сложно, то допускается поворот по часовой стрелке.

Если таблицу приходится переносить на следующую страницу, то помещают слова: «продолжение табл.» с указанием номера справа, графы таблицы пронумеровывают и повторяют их нумерацию на следующей странице. Заголовок таблицы не повторяют.

Раздел «Термины и определения» должен начинаться с фразы «В настоящей курсовой работе используются следующие термины с соответствующими определениями», после которой приводятся основные использованные в курсовой работе определения в алфавитном порядке с указанием источника.

Раздел «Сокращения» включается в работу в том случае, если по тексту работы их представлено более десяти.

Во введении необходимо отразить актуальность темы исследования, цель и задачи курсовой работы. Объем должен составлять 1-2 страницы.

Общая часть состоит из 10 вопросов, включающих химизм, физико-химические закономерности процессов, свойства и решение задач.

При составлении данной части работы студенты должны обратить внимание на влияние технологических параметров на процесс синтеза и выход продукта и предложить основные мероприятия по сокращению потерь.

В заключении формулируются результаты по проделанной работе.

В заключении необходимо раскрыть особенности отображения в курсовой работе поставленных задач. Объем должен составлять 1-2 страницы.

Список использованных источников должен содержать не менее 5 наименований (книг, монографий, профильных журналов, патентов). Ссылки на неререферируемые источники сети Интернет недопустимы.

Дополнительные процедурные сведения:

а) Студенты выбирают тему для курсовой работы самостоятельно из предложенного списка и согласовывают свой выбор с преподавателем в течение первых двух недель обучения. К середине семестра на проверку представляется общая часть курсовой работы, за две недели до защиты – окончательный вариант.

б) проверку и оценку работы осуществляет руководитель, который доводит до сведения обучающегося достоинства и недостатки курсовой работы и ее оценку. Оценка проставляется в зачётную книжку обучающегося и ведомость для курсовой работы. Если обучающийся не согласен с оценкой

руководителя, проводится защита работы перед комиссией, которую назначает заведующий кафедрой;

в) защита курсовой работы проводится в течение двух последних недель семестра и выполняется в форме устной защиты в виде доклада на 5-7 минут с последующим ответом на поставленные вопросы, в ходе которых выясняется глубина знаний студента и самостоятельность выполнения работы;

г) работа не подлежит обязательному внешнему рецензированию.

В процессе выполнения обучающимся курсовой работы руководитель осуществляет систематическое консультирование.

Оптимальный объем каждого из трех контрольных работ курсовой работы 10-20 страниц машинописного текста (не включая приложения), набранного 12-14 шрифтом через 1.5 интервала на листах формата А4 с одной стороны. Поля должны составлять 20 мм сверху и снизу, 30 мм слева и 15 мм справа. Курсовая работа оформляется согласно ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

Источники использованной литературы должны оформляться согласно ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». Список источников следует составлять в порядке упоминания их в тексте. Ссылки на источники должны приводиться по тексту в квадратных скобках.

Нумерация страниц курсовой работы должна быть сквозной. Первой страницей является титульный лист, на нем номер страницы не ставится, второй - содержание и т.д. Номер страницы проставляется арабскими цифрами снизу страницы, посередине. Приложения необходимо включать в сквозную нумерацию.

## **10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

Студенты перед началом изучения дисциплины ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки, которые должны быть опубликованы и размещены на сайте вуза или кафедры.

В учебный процесс внедрена субъект-субъектная педагогическая технология, при которой в расписании каждого преподавателя определяется время консультаций студентов по закрепленному за ним модулю дисциплины.

Студенты, изучающие дисциплину, обеспечены учебной и научной литературой для выполнения всех видов самостоятельной работы, и учебно-методическим комплексом по дисциплине.

## **11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины**

Содержание рабочих программ дисциплин ежегодно обновляется протоколами заседаний кафедры по утвержденной «Положением о структуре, содержании и оформлении рабочих программ дисциплин по образовательным программам, соответствующим ФГОС ВО с учетом профессиональных стандартов» форме.



## Приложение 1

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный технический университет»

Направление 18.03.01 Химическая технология  
Профиль – Химическая технология высокомолекулярных соединений  
Кафедра Химии и Технологии Полимеров  
Дисциплина «Физико-химия полимеров»  
Семестр 6

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Задание для проверки уровня «знать» – или 0, или 1, или 2 балла:  
Номенклатуру регулярных линейных однотяжных органических полимеров.
2. Задание для проверки уровня «знать» – или 0, или 1, или 2 балла:  
Описать радикальную полимеризацию. Методы проведения.  
Полимеризация в массе, в растворителе, в суспензии.
3. Задание для проверки уровня «уметь» – или 0, или 2 балла:  
Технология синтеза полиэтилена (Исходный мономер, химизм и механизм процесса, инициатор, условия проведения).

#### Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» – при сумме баллов 5 или 6;  
«хорошо» – при сумме баллов 4 и отсутствии балла 0;  
«удовлетворительно» – при сумме баллов 3;  
«неудовлетворительно» – при сумме баллов 0,1 или 2.

Составитель: к.х.н., доцент кафедры ХТП

К.В. Чалов

Заведующий кафедрой ХТП, д.х.н., профессор

В.И. Луцик

## Приложение 2

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Тверской государственный технический университет»**

Направление 18.03.01 Химическая технология

Профиль – Химическая технология высокомолекулярных соединений

Кафедра Химия и технология полимеров

Дисциплина «Физико-химия полимеров»

Семестр 5

### **ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ № 1**

1. Задание для проверки уровня «знать» – или 0, или 1 балл:  
Полимеры регулярные и нерегулярные. Причины нерегулярности.
2. Задание для проверки уровня «знать» – или 0, или 1 балл:  
Опишите механизм кристаллизации полимеров. Кинетические особенности.
3. Задание для проверки уровня «уметь» – или 0, или 1 балл:  
Дайте характеристику полипропилена по физико-механическим и химическим свойствам.

#### **Критерии итоговой оценки за зачет:**

«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;

«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.х.н., доцент кафедры ХТП

К.В. Чалов

Заведующий кафедрой ХТП, д.х.н., профессор

В.И. Луцик