



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор Института  
теплоэнергетики

\_\_\_\_\_ С.О. Гапоненко  
«23» января 2024 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.01.02 Химия и технологии высокомолекулярных соединений

Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии  
материалов

Направленность  
(профиль) Компьютерный инжиниринг в материаловедении

Квалификация Бакалавр

г. Казань, 2024

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
МВТМ	доц., к.х.н.	Низамов А.А.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	МВТМ	16.01.2024	6	_____ Зав.каф., д.х.н., доц. Давлетбаев Р. С.
Согласована	Учебно-методический совет ИТЭ	23.01.2024	4	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет ИТЭ	23.01.2024	5	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

(Цель и задачи освоения дисциплины, соответствующие цели ОП)

Целью освоения дисциплины «Химия и технологии высокомолекулярных соединений» является формирование необходимого объема знаний о строении, свойствах и об основных закономерностях процесса образования полимеров.

Задачами дисциплины являются:

1. Освоение знаний в области теоретической и практической основ полимерной химии.
2. Формирование знаний для понимания закономерностей синтеза и особенностей структуры и свойств высокомолекулярных соединений, в том числе практически важных промышленных полимерных продуктов.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-3 – Способен использовать компьютерный инжиниринг для оптимизации технических свойств материалов	ПК-3.2 – Участвует в разработке предложений по совершенствованию инженерных технологических процессов производства материалов и изделий из них, проводит технический аудит и экспертизу

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. Физика, Химия, Материаловедение, Химическое строение материалов и их свойства, Физическая и коллоидная химия

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. Моделирование свойств материалов, Компьютерный инжиниринг и физикохимия материалов, Физико-химические процессы в технологии материалов

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)
			5,6
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	8	288	288
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	3,7	133	133
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	3,16	114	114
Лекции	1,33	48	48
Практические (семинарские) занятия	0,44	16	16
Лабораторные работы	1,38	50	50
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,83	102	102
Проработка учебного материала	2,83	102	102

Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-
Подготовка к промежуточной аттестации	2	72	72
Промежуточная аттестация:			Э
			-

### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1	99	24	25	0	50	ТК1 ТК2 ТК3	ПК-3.2
Раздел 2	107	24	25	16	52	ТК1 ТК2 ТК3	ПК-3.2
Экзамен	36	-	-	-	-	<b>ОМ 1</b>	ПК-3.2
Экзамен	36	-	-	-	-	<b>ОМ 1</b>	ПК-3.2
<b>ИТОГО</b>	<b>288</b>	<b>48</b>	<b>50</b>	<b>16</b>	<b>102</b>		

### 3.3. Содержание дисциплины

#### Раздел 1. Введение в химию высокомолекулярных соединений, особенности молекулярного строения и физико-механические свойства полимеров

Тема 1. Введение в химию высокомолекулярных соединений.

Введение в химию высокомолекулярных соединений. Соотношение терминов «ВМС» и «полимеры». Междисциплинарный аспект. Требования к получению полимерного материала. Основные понятия химии высокомолекулярных соединений. Конфигурационная изомерия.

Тема 2. Конформация макромолекулярной цепи.

Полимеризация несимметричных диенов. Конформация макромолекул. Основные положения конформационной изомерии макромолекул. Гибкость макромолекул. Модели полимерной цепи.

Тема 3. Параметры, описывающие макромолекулу.

Количественные критерии гибкости. Персистентная длина цепи. Молекулярно-массовые характеристики полимеров. Молекулярно-массовое распределение (ММР).

Тема 4. Химия растворов полимеров (часть 1).

Растворы полимеров. Фазовые диаграммы двухкомпонентных систем «полимер-растворитель». Термодинамика растворов полимеров. Осмотическое

давление раствора и его экспериментальное определение. Термодинамическое качество растворителя. Связь  $\theta$ -температуры со степенью полимеризации и критической температурой растворения полимера.

Тема 5. Растворы полимеров.

Вязкость. Капиллярная вискозиметрия. Характеристическая вязкость и ее связь с размерами макромолекул и молекулярной массой полимера. Полиэлектролиты.

Тема 6. Полиэлектролиты.

Применение полиэлектролитов. Термодинамика полиэлектролитов. Ионизационное равновесие в растворах полиэлектролитов. Гидродинамика растворов полиэлектролитов. Определение характеристической вязкости раствора полиэлектролита.

Тема 7. Механика полимеров (часть 1).

Виды деформации. Деформации полимеров. Экспериментальные методы. Термомеханический анализ (ТМА). Термодинамические особенности деформации.

Тема 8. Механика полимеров (часть 2).

Релаксация напряжения. Релаксация деформации (ползучесть). Динамометрия. Деформирование в режиме «сокращение-растяжение» (циклические деформации).

Тема 9. Механика полимеров (часть 3).

Динамометрический механический анализ (ДМА). Дилатометрия. Влияние химической структуры на температуру стеклования.

Тема 10. Механика полимеров (часть 4).

Стеклообразное состояние полимеров. Динамометрический анализ стеклообразных полимеров. Поведение полимеров в вязкотекучем состоянии. Кинетический критерий кристаллизации.

## **Раздел 2. Особенности надмолекулярной организации и синтез полимеров**

Тема 11. Структура полимеров (часть 1)

Структурные критерии кристаллизации. Термодинамические критерии кристаллизации.

Тема 12. Структура полимеров (часть 2).

ТМА аморфизованного полимера. Дилатометрия. Факторы, определяющие экспериментальную температуру плавления. Физико-механическое поведение полукристаллических полимеров. Динамометрия.

Тема 13. Структура полимеров (часть 3).

Механически активированное плавление. Сравнительный анализ полимерных стекол и полукристаллических полимеров. Ориентация полукристаллических полимеров. Прочность материалов. Долговечность материалов.

Тема 14. Синтез полимеров (часть 1)

Аспекты синтеза полимеров. Классификация реакций синтеза полимеров. Термодинамика цепной полимеризации.

Тема 15. Синтез полимеров (часть 2)

Радикальная полимеризация.

Тема 16. Синтез полимеров (часть 3)

Ограничения кинетических подходов. Стереоспецифика радикальной полимеризации. Катионная полимеризация. Кинетика катионной полимеризации. Стереоспецифика катионной полимеризации. Анионная полимеризация.

Лекция 17. Синтез полимеров (часть 4).

Кинетика анионной полимеризации. Особенности анионной полимеризации. Ионно-координационная полимеризация. Ступенчатый синтез. Термодинамика поликонденсации. Кинетика поликонденсации. Молекулярно-массовые характеристики полимеров, полученных в результате поликонденсации. Химические превращения полимеров.

### 3.4. Тематический план практических занятий

1. Основные полимеры, получаемые полимеризацией: полиэтилен, полипропилен, полистирол, поливинилхлорид, полиметилметакрилат.

2. Основные полимеры, получаемые поликонденсацией: полиэтилентерефталат, поликарбонат, эпоксидные смолы, фенолальдегидные смолы.

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

1. Радикальная полимеризация.

2. Радикальная сополимеризация.

3. Поликонденсация.

4. Химическая модификация полимеров.

5. Деструкция полимеров.

6. Кристаллическое состояние полимеров.

7. Особенности процесса растворения полимеров.

8. Разбавленные растворы.

9. Растворы полиэлектролитов.

### 3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

## 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий

		дисциплине	от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54		
			Шкала оценивания					
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно		
			зачтено				не зачтено	
ПК-3	ПК-3.2	знать:						
		Знать основные положения науки о полимерах, закономерностях их синтеза и строения, классификацию, и физико-химические свойства высокомолекулярных соединений	Уровень знаний в объеме, соответствует программе подготовки и без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствует программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки		
		уметь:						
		проводить обоснованный выбор условий синтеза полимеров и/или их модификации в зависимости от области применения	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми и ошибками выполнены все задания, но не в полном объеме	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки		
владеть:								
		навыками практического получения полимеров и определения их основных	Продемонстрированы навыки при решении нестандарт	Продемонстрированы базовые навыки при решении	Имеется минимальный набор навыков для	При решении стандартных задач не продемон		

		физико-химические свойства	тных задач без ошибок и недочетов	стандартных задач с некоторыми недочетами	решения стандартных задач с некоторыми недочетами	стрированы базовые навыки, и меют место грубые ошибки
--	--	----------------------------	-----------------------------------	---	---	---

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

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

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

#### **5.1. Учебно-методическое обеспечение**

##### **5.1.1. Основная литература**

1. Химия высокомолекулярных соединений (физико-химические основы): конспект лекций : учебное пособие / составитель А. Е. Иваницкий. — Томск : ТГПУ, 2016. — 184 с. — ISBN 978-5-89428-809-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171036>.

2. 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>.

3. Введение в химию полимеров : учебное пособие / Ю. Д. Семчиков, С. Ф. Жильцов, С. Д. Зайцев. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 223 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210971>. - ISBN 978-5-8114-1325-6. - Текст : электронный

##### **5.1.2. Дополнительная литература**

1. Кленин, В. И. Высокомолекулярные соединения : учебник / В. И. Кленин, И. В. Федусенко. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1473-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211184>.

2. Химия и физика высокомолекулярных соединений: лабораторный практикум : учебное пособие / составитель Ю. Н. Орлов. — Тольятти : ТГУ, 2020. — 74 с. — ISBN 978-5-8259-1513-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/159634>.

3. Кулезнев, В. Н. Химия и физика полимеров : учебное пособие / В. Н. Кулезнев, В. А. Шершнева. — 3-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1779-7. — Текст : электронный // Лань :



электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211685>.

4. Высокмолекулярные соединения : учебное пособие / составители С. В. Лузгарев [и др.]. — Кемерово : КемГУ, 2022. — 144 с. — ISBN 978-5-8353-2961-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/307376>.

5. Курс химии органических веществ и полимерных материалов : учебник / В. И. Кодолов, Ю. М. Васильченко, Н. В. Семакина [и др.]. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 274 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/276584>. - ISBN 978-5-507-44691-9. - Текст : электронный.

## 5.2. Информационное обеспечение

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. Лань : электронно-библиотечная система [Электронный ресурс]. URL: <https://e.lanbook.com>

### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

Nano	<a href="http://nano.nature.com">nano.nature.com</a>
Платформа SpringerLink	<a href="http://www.link.springer.com">www.link.springer.com</a>
SpringerMaterials	<a href="http://www.materials.springer.com">www.materials.springer.com</a>
КиберЛенинка	В <a href="https://cyberleninka.ru/">https://cyberleninka.ru/</a>

### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн-взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивиду-	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.

	альных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	
Лабораторные работы	Учебная лаборатория А-217	Лабораторный стол; электронагреватель СНОЛ-1; печь лабораторная ЭКПС; проектор, экран; микроскоп металлографический; комплекты для выполнения лабораторных работ (10 шт.)
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

## **7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://www//kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным

слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

*Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по

отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

*Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУ»)

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

Б1.В.01.02 Химия и технологии высокомолекулярных соединений  
*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии  
материалов  
*(Код и наименование направления подготовки)*

Квалификация Бакалавр  
*(Бакалавр / Магистр)*

г. Казань, 2024







## 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

### Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК-3	ПК-3.2	знать:				
		Знать основные положения науки о полимерах, закономерностях их синтеза и строения, классификацию, и физико-химические свойства высокомолекулярных соединений	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки и без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		уметь:				
		проводить обоснованный выбор условий синтеза полимеров и/или их модификации в зависимости от области применения	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками выполнены все задания, но не в полном объеме	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки
		владеть:				

		навыками практического получения полимеров и определения их основных физико-химические свойства	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, и имеют место грубые ошибки
--	--	---	--	---	---	---

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение практических заданий, самостоятельной работы и ответы на вопросы экзаменационного билета. При ответе на вопрос билета должно быть продемонстрировано прочное знание основных процессов изучаемой предметной области, глубина и полнота раскрытия темы (вопроса), владение терминологическим аппаратом, умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа;

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение практических заданий, самостоятельной работы и ответы на вопросы экзаменационного билета. Оценивается ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Допускается одна – две неточности в ответе.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение практических заданий, самостоятельной работы и ответы на вопросы экзаменационного билета. Оценивается ответ, свидетельствующий, в основном, о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение практических заданий, самостоятельной работы и ответы на вопросы экзаменационного билета.

### 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Отчет по самостоятельной работе (ОСР)	Выполнение отчета по самостоятельной работе	Перечень вопросов для самостоятельной проработки
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень контрольных вопросов
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Перечень контрольных вопросов

**4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины**

Для текущего контроля ТК1 (5 семестр):

**Отчет по лабораторной работе**

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 1 «Радикальная полимеризация»**

1. Какие процессы синтеза полимеров могут быть отнесены к полимеризационным?
2. Какие соединения способны вступать в реакцию полимеризации?
3. Перечислите основные стадии процесса цепной полимеризации.
4. Какие элементарные стадии являются обязательными при радикальной полимеризации?
5. Каковы особенности протекания полимеризации в гомофазной и гетерофазной системах?
6. Назовите основные методы проведения процесса полимеризации.

7. Что является активным центром при полимеризации виниловых мономеров в присутствии персульфата калия?

### **Отчет по лабораторной работе**

#### **Контрольные вопросы к лабораторной работе № 2 «Радикальная сополимеризация»**

1. От каких факторов зависит состав сополимера при радикальной сополимеризации?

2. При радикальной сополимеризации стирола (А) и винилацетата (В)  $r_A = 55$ , а  $r_B = 0,01$ . Какой структуры образуется сополимер, если мономерная смесь имеет состав 1:1?

3. Какие значения констант сополимеризации соответствуют отдельной полимеризации мономеров в смеси?

4. При каком значении произведения констант сополимеризации можно получить регулярно чередующийся сополимер?

5. Какой продукт образуется при сополимеризации смеси стирола и метилметакрилата в присутствии пероксида бензоила ( $r_1 = 0,52$ ;  $r_2 = 0,46$ ; соотношение мономеров 1:1)?

6. Чем однозначно определяется состав сополимера, образующегося на начальных стадиях превращения при радикальной сополимеризации стирола с метилметакрилатом в растворе?

**Для текущего контроля ТК2 (5 семестр):**

### **Отчет по лабораторной работе**

#### **Контрольные вопросы к лабораторной работе № 3 «Поликонденсация»**

1. Какие процессы синтеза полимеров могут быть отнесены к поликонденсационным?

2. Какие соединения способны вступать в реакцию поликонденсации?

3. Какими факторами определяется длина материальной цепи полимера в процессе поликонденсации?

4. Как влияет степень завершенности реакции поликонденсации на молекулярную массу и полидисперсность полимера?

5. Что приводит к уменьшению длины полимерной цепи в процессе равновесной поликонденсации?

6. Каким образом можно увеличить молекулярную массу продукта линейной обратимой поликонденсации при данной степени превращения?

7. Какими способами осуществляют проведение реакций поликонденсации?

8. При каких условиях проведения реакции поликонденсации возрастает вероятность циклизации?

### **Отчет по лабораторной работе**

#### **Контрольные вопросы к лабораторной работе № 4 «Химическая модификация полимеров»**

1. Что называется химической модификацией полимеров?
2. Какие реакции полимеров относятся к полимераналогичным превращениям?
3. Какие превращения полимеров относятся к внутримолекулярным реакциям?
4. Какие превращения полимеров относятся к межмолекулярным реакциям?
5. Каким способом можно получить блок-сополимер бутадиена и стирола?
6. Как получить прививкой сополимер полиэтилентерефталата и полиакриловой кислоты?

**Для текущего контроля ТК3 (5 семестр):**

### **Отчет по лабораторной работе**

#### **Контрольные вопросы к лабораторной работе № 5 «Деструкция полимеров»**

1. Какие процессы протекают при деструкции полимеров?
2. Какие полимеры деполимеризуются при термической деструкции?
3. Какое строение имеет полистирол, если одним из основных продуктов его термической деструкции является 1,4-дифенилбутан?
4. Какой стадии термоокислительной деструкции соответствует реакция  $ROO + ROO \cdot \rightarrow ROOR + O_2$  ?
5. Какой стадии термоокислительной деструкции соответствует реакция  $RH + O_2 \cdot \rightarrow R + HO_2$  ?
6. Какие соединения могут служить стабилизаторами при термоокислительной деструкции полиолефинов?

**Для текущего контроля ТК1 (6 семестр):**

### **Отчет по лабораторной работе**

#### **Контрольные вопросы к лабораторной работе № 6 «Кристаллическое состояние полимеров»**

1. Какие стадии включает процесс кристаллизации полимеров?

2. Что является центрами зарождения кристаллизации в полимерных системах?
3. Как изменяется скорость кристаллизации в температурном интервале между температурами стеклования и плавления?
4. Какой параметр процесса кристаллизации может быть определен при использовании метода объемной дилатометрии?
5. При каких условиях в кристаллических полимерах реализуется высокоэластическое состояние?
6. Как изменяется модуль упругости эластомера в процессе его кристаллизации?

### **Отчет по лабораторной работе**

#### **Контрольные вопросы к лабораторной работе № 7 «Особенности процесса растворения полимеров»**

1. Как изменяются энтальпии и энтропии смешения при растворении полярных полимеров в полярных растворителях?
2. Как изменяются энтальпии и энтропии смешения при растворении неполярных полимеров в неполярных растворителях?
3. Как изменяются энтальпия и энтропия смешения при растворении полимера в соответствующем ему гидрированном мономере?
4. Что представляет собой набухший полимер?
5. Какие параметры полимера и растворителя определяют максимальную степень набухания?
6. В каких случаях растворение линейных полимеров останавливается на стадии набухания?

#### **Для текущего контроля ТК2 (6 семестр):**

### **Отчет по лабораторной работе**

#### **Контрольные вопросы к лабораторной работе № 8 «Разбавленные растворы»**

1. Каково молекулярно-массовое распределение полимера, если значения молекулярных масс, определенные методами измерения осмотического давления раствора, светорассеяния и вискозиметрии, для него совпадают?
2. Какую размерность имеет характеристическая вязкость полимера?
3. Какие значения может принимать параметр  $a$  в уравнении Марка – Куна – Хаувинка?
4. Как изменяется характеристическая вязкость  $[\eta]$  раствора полимера при повышении температуры раствора?

5. Как соотносятся между собой значения средней молекулярной массы одного и того же полидисперсного полимера, определяемые вискозиметрически в хорошем и в плохом растворителе?

**Для текущего контроля ТКЗ (6 семестр):**

**Отчет по лабораторной работе**

**Контрольные вопросы к лабораторной работе № 9 «Растворы полиэлектролитов»**

1. Как изменяется удельная вязкость водного раствора полиакриловой кислоты при увеличении рН от 3 до 10?

2. Как изменяется кажущаяся константа диссоциации высокомолекулярной полиакриловой кислоты с увеличением молекулярной массы полимера?

3. В каких условиях можно измерить молекулярную массу полиакриловой кислоты методом вискозиметрии?

4. Как изменяется приведенная вязкость полиакриловой кислоты в диоксане при разбавлении раствора?

5. Как изменяется вязкость разбавленного раствора полиамфолита при изменении рН раствора и прохождении его через изоэлектрическую точку?

6. К какому из электродов будут двигаться в электрическом поле макромолекулы полиамфолита в изоионном растворе при  $\text{pH} > 7$ ?

**Примеры заданий по практическим работам**

1. Полимеры: полиэтилен, полипропилен и сополимер этилена и пропилена имеют близкую термодинамическую гибкость, но отличаются по показателю кинетической гибкости. Поясните причину этого явления и последовательность изменения кинетической гибкости.

2. Сополимеры 1, 4-полибутадиен-стирола (70:30) и 1, 4-полибутадиенакрилонитрила (70:30) имеют практически одинаковую термодинамическую гибкость, но отличаются различной кинетической гибкостью. Объясните причину этого явления.

3. Цис-1,4-полиизопрен и цис – 1, 4-полибутадиен характеризуются практически одинаковой термодинамической гибкостью, но имеют различную кинетическую гибкость. Объясните причину этих различий.

4. Объясните, почему полисилоксан и цис-1,4-полибутадиен, обладая практически одинаковой термодинамической гибкостью, имеют различную кинетическую гибкость.

5. В результате полного гидролиза целлюлозы и амилозы образуется D-глюкоза. Напишите структурные формы обоих полимеров и охарактеризуйте общие и отличительные особенности их структуры. Возможен ли взаимный



структурный переход амилозы в целлюлозу? К какой группе пространственных изомеров их можно отнести: к конфигурационным или к конформационным?

6. В каком порядке изменяется гибкость макромолекул следующих полимеров: полиэтилен, полифенилен, поли-*n*-ксилилен?

7. Напишите формулы и расположите в порядке уменьшения гибкости следующие полимеры: поливинилхлорид, хлорированный поливинилхлорид (перхлорвинил), поливинилиденхлорид, поливинилфторид, поливинилиденфторид, полиакрилонитрил, поливинилиденцианид, поливиниловый спирт, полиметилол.

8. Какой вид изомерии характерен для макромолекул, получаемых на основе  $\alpha$ -олефинов или других несимметрично замещенных мономеров? Как влияет этот вид структурной неоднородности на гибкость цепи полимера, растворимость, температуры изменения фазовых и физических состояний? Объясните на следующих примерах:

полистирол, полиметилметакрилат  
полиакрилонитрил, поли- $\alpha$ -метилстирол  
полипропилен, поливинилацеталь  
поливинилхлорид, полиизопрен  
поливиниловый спирт, полиметакрилонитрил

9. Температурные области стеклования полиакрилонитрила и поливинилового спирта близки и соответствуют 110-120 °С. Объясните, почему при одинаковой степени полимеризации  $P = 1000$  значения  $T_g$  для поливинилового спирта на 30-40 °С, выше, чем для полиакрилонитрила.

10. Объясните причину увеличения напряжения при изометрическом нагреве волокна с повышением температуры до  $T_c$  и последующий спад его в высокоэластическом состоянии.

11. Выбирая ткань для костюма, вы обычно проводите следующее экспресс-испытание: зажав ткань в кулаке, с силой ее сжимаете, а затем наблюдаете за тем, как распрямляются образовавшиеся складки. Конечно же, вы предпочтете ту ткань, которая сминается в меньшей степени. Объясните, почему хлопчатобумажная ткань легко сминается, а ткань, полученная из смеси хлопка с полиэфирным волокном (например, типа "стирай - носи"), - труднее?

12. Почему натуральный, силиконовые и полиуретановые каучуки имеют низкие температуры стеклования, а целлюлозы, поли-*n*-фенилентерефталамид - высокие?

14. Рассчитать эффективную константу кристаллизации для полигексаметиленадипамида молекулярной массой 11600 при температуре 125 °С, если зародышеобразование идет по гомогенному механизму, а время половинного превращения равно 35 мин.

15. Рассчитать степень кристалличности  $\alpha_{кр}$  полимерного субстрата волокна на основе полиоксиметилена, если плотность его при 298 К равна 1430 кг/м<sup>3</sup>.

### **Перечень вопросов для самостоятельной проработки:**

1. Классификация ВМС.

2. Молекулярная масса высокомолекулярных соединений.
3. Классификация способов получения синтетических полимеров.
4. Кинетика радикальной полимеризации.
5. Основные положения методов сополимеризации.
6. Механизм реакций поликонденсации.
7. Степень полимеризации.
8. Реакции полиприсоединения.
9. Полимеризация циклических соединений.
10. Особенности химических реакций полимеров.
11. Эффект соседних звеньев.
12. Конфигурационный эффект.
13. Конформационные эффекты.
14. Концентрационный эффект.
15. Надмолекулярный эффект.
16. Реакции, не сопровождающиеся изменением степени полимеризации.
17. Взаимодействие макромолекулярных инициаторов с мономером.
18. Виды деструкции полимеров.
19. Термическая деструкция.
20. Фотохимическая деструкция.
21. Механохимическая деструкция.
22. Окислительная деструкция.
23. Озонная деструкция.
25. Гидролитическая деструкция.
26. Биологическая деструкция.
27. Фазовые и физические состояния полимеров.
28. Высокоэластическое состояние аморфных полимеров.
29. Типы надмолекулярных структур полимеров.
30. Условия кристаллизации полимеров.

**Для первой промежуточной аттестации:**

1. Способы получения синтетических высокомолекулярных соединений. Классификация по типу основной реакции.
2. Основные принципы классификации полимеров. Класс, подкласс, группа, подгруппа и вид полимера.
3. Классификация полимеров по пространственному строению.
4. Номенклатура полимеров. Основные принципы выбора СПЗ.
5. Общая характеристика процесса полимеризации. Зависимость способности веществ полимеризоваться от их химической природы. Термодинамическая возможность процессов полимеризации.
6. Радикальная полимеризация. Стадии процесса. Факторы, влияющие на кинетику полимеризации, степень полимеризации, строение и свойства получаемых полимеров.
7. Классы соединений, используемые в качестве инициаторов радикальной полимеризации.

8. Роль реакции рекомбинации и диспропорционирования в процессе радикальной полимеризации. Примеры.
9. Реакции передачи цепи в процессах полимеризации. Примеры.
10. Ингибиторы и замедлители радикальной полимеризации непредельных соединений. Механизм действия. Примеры.
11. Кинетические закономерности радикальной полимеризации.
12. Катионная полимеризация. Мономеры, катализаторы и сокатализаторы реакции. Примеры реакции.
13. Анионная полимеризация. Мономеры, катализаторы и сокатализаторы реакции. Примеры реакции.
14. «Живые» полимеры.
15. Стереоспецифическая (ионно-координационная) полимеризация. Катализаторы Циглера-Натта. Механизм полимеризации. Структура и свойства полимеров.
16. Сополимеризация. Константы сополимеризации. Зависимость состава сополимера от состава смеси мономеров. Различия в активности мономеров.
17. Ионные и радикальные процессы сополимеризации.
18. Блок - и привитые сополимеры.
19. Полимеризация циклических соединений. Применяемые катализаторы.
20. Ступенчатая (миграционная) полимеризация. Основные и побочные реакции.
21. Полиуретаны. Механизм образования. Побочные реакции. Роль соотношения реагирующих веществ. Влияние влаги при получении полиуретанов в блоке.
22. Эпоксидные смолы. Механизм образования, катализаторы реакции, роль соотношения реагирующих веществ, побочные реакции при синтезе. Свойства и применение эпоксидных смол.
23. Реакция поликонденсации. Роль соотношения реагирующих мономеров и монофункциональных примесей.
24. Мономеры, используемые в реакциях поликонденсации. Функциональная группа, функциональность. Влияние функциональности на свойства полимера.
25. Процессы равновесной и неравновесной поликонденсации. Отличительные черты.
26. Кинетика поликонденсации.
27. Влияние различных факторов на процесс поликонденсации.
28. Побочные реакции при поликонденсации. Деструктивные и обменные реакции.
29. Наиболее важные полимеры, получаемые методами полимеризации и сополимеризации.
30. Производные этилена.
31. Полимеры хлор - и фторзамещенных производных этилена.
32. Полистирол.
33. Полиакрилаты. Поливинилацетат. Поливиниловый спирт.

34. Синтетические каучуки общего и специального назначения.
35. Дивинильные и изопреновые каучуки. Каучуки СКД, СКН, СКИ. Особенности полимеризации диеновых соединений.
36. Дивинильные каучуки с концевыми функциональными группами. СКД-КТР, СКН-КТР, СКН-ГТР. Особенности синтеза.
37. Блок-сополимеры дивинила и изопрена. Синтез каучуков ПДИ-0, ПДИ-1, ПДИ-3А.
38. Бутилкаучук.
39. Этиленпропиленовые каучуки.
40. Основные полимеры, получаемые методом поликонденсации.
41. Высокомолекулярные сложные полиэфиры. Механизм образования. Мономеры для их получения.
42. Полиамиды. Механизм образования.
43. Тиоколы. Механизм образования.
44. Фенолформальдегидные и мочевиноформальдегидные смолы. Механизм образования. Роль функциональности и соотношения реагирующих веществ.
45. Типы химических реакций полимеров.
46. Химическая модификация полимеров. Полимераналогичные и внутримолекулярные превращения в полимерах. Поливиниловый спирт и его производные. Поливинилацетат.
47. Химические превращения целлюлозы.
48. Отверждение полимеров. Образование сетчатых структур. Требования к отвердителям.
49. Отверждение неперелых каучуков. Примеры реакций.
50. Отверждение карбоксилсодержащих полимеров.
51. Отверждение гидроксилсодержащих полимеров и олигомеров.
52. Отверждение эпоксидных смол.
53. Отверждение тиокольных каучуков.
54. Старение полимеров. Деструкция и структурирование полимеров. Деполимеризация.
55. Термодеструкция и термическая стойкость полимеров, связь их со строением.
56. Термоокислительная деструкция полимеров.
57. Химическая, механическая, фотохимическая деструкция полимеров. Основные пути защиты полимеров от старения.
58. Практические методы осуществления процесса полимеризации. Блочная полимеризация (в массе), полимеризация в растворе, эмульсионная и суспензионная полимеризации, полимеризация в газовой и твердой фазах.
59. Способы осуществления поликонденсации: в расплаве, в растворе, на границе раздела фаз.
60. Методы исследования полимеров и полимерных материалов. Определение основных функциональных групп полимеров. Химические методы определения молекулярной массы полимеров.