

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Российский химико-технологический университет имени
Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

**Проректор по науке
РХТУ им. Д.И. Менделеева**

 **А.А. Щербина**
20 22 г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

**2.6.11. ТЕХНОЛОГИЯ И ПЕРЕРАБОТКА СИНТЕТИЧЕСКИХ
И ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ И КОМПОЗИТОВ**

Москва 2022 г

Программа составлена Горбуновой Ириной Юрьевной, доктором химических наук, профессором, зав. кафедрой технологии переработки пластмасс РХТУ им. Д.И. Менделеева, Костроминой Натальей Васильевной, кандидатом технических наук, доцентом, доцентом кафедры технологии переработки пластмасс РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета факультета нефтегазохимии и полимерных материалов, протокол № 6 от «20» апреля 2022 г.

Общие положения

Программа вступительных испытаний по научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов разработана учетом требований к поступающим, определёнными правилами приема.

Цель проведения экзамена – оценка уровня знаний поступающих в области научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов для отбора наиболее подготовленных поступающих для обучения по программам подготовки научных и научно - педагогических кадров в аспирантуре.

Задачей вступительного испытания в аспирантуру является оценка уровня владения специальной дисциплиной.

Разделы программы

1. Форма проведения вступительного испытания.
2. Язык проведения вступительного испытания.
3. Содержание вступительного испытания.
4. Структурированное по разделам (областям) содержание вступительного испытания.
5. Шкала оценивания и фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания вступительного испытания
6. Типовые задания, вопросы, иные материалы для проведения вступительного испытания.
7. Рекомендуемая литература для подготовки к вступительному испытанию.

1. Форма проведения вступительного испытания.

Вступительное испытание проводится в устной форме.

2. Язык проведения вступительного испытания.

Язык проведения экзамена – русский.

3. Содержание вступительного испытания

1. Оценка соответствия содержания ответа вопросу в экзаменационном билете, оценка владение понятийным аппаратом,

аргументированность выводов и доказательств, ясность, четкость и логика изложения материала.

2. Применение полученных теоретических знаний к решению практических вопросов химической технологии, способность к аналитической деятельности; системность мышления и систематичность знания, гибкость и самостоятельность мышления.

4. Структурированное по разделам (предметным областям) содержание вступительного испытания.

Реологические свойства полимеров и полимерных композиционных материалов.

Кривая течения и кривая вязкости. Вязкость при сдвиговом течении. Кривые течения и кривые вязкости для различных жидкостей. Ньютоновская, дилатантная, псевдопластичная жидкость, тела Бингама и Сен Венана. Особенности поведения, связь поведением реальных тел. Тиксотропия и реопексия. Работа тиксотропии.

Особенности течения полимеров. Кривые течения полимеров. Аномалия вязкости. Причины аномалии вязкости. Уравнения, описывающие поведение полимеров в широком диапазоне скоростей и напряжений сдвига.

Зависимость вязкости от температуры, молекулярной массы, давления. Реология растворов полимеров. Реология наполненных полимеров. Уравнения, описывающие течение наполненных систем.

Проявления эффекта Вайссенберга. Причины эффекта Вайссенберга. Баррус-эффект, его причины, уравнения, описывающие Баррус-эффект и связывающие его с первой разницей нормальных напряжений. Зависимость величины Баррус-эффекта от диаметра капилляра.

Реологические свойства термореактивных полимеров и резиновых смесей. Основные зависимости и эффекты, протекающие при деформировании материалов на основе реакционноспособных олигомеров. Реологические основы создания литьевых термореактивных материалов. Явление сверханомалии вязкости. Внутренний срыв. Бессдвиговое течение наполненных олигомеров. Методы и приборы для изучения реологических свойств реактопластов, каучуков и резиновых смесей.

Физико-химические процессы при переработке полимеров.

Формирование свойств термопластичных полимеров в процессах стеклования и кристаллизации; роль надмолекулярных структур.

Остаточные напряжения и их проявление. Методы регулирования структуры и свойств в процессах переработки термопластов.

Структурирование каучуков и отверждение олигомеров. Отверждающие и вулканизирующие системы. Стадии процесса отверждения. Пространственная сетка и методы ее оценки. Релаксационные свойства структурированных систем. Остаточные напряжения и пути их снижения. Методы регулирования свойств сшитых полимеров в процессах переработки. Радиационное сшивание полимеров различного строения, его преимущества и недостатки.

Общие представления о деструктивных процессах в полимерах в свете квантовой физики и химической термодинамики. Термоокислительная деструкция, ее характер и механизм. Особенности термоокисления основных типов полимеров. Уравнения важнейших реакций. Пути стабилизации и основные классы стабилизаторов. Синергизм. Термическая деструкция. Характер процессов и влияние на свойства. Стабилизация полимеров различного строения.

Фотохимическая и радиационная деструкция. Влияние химического строения, температуры, интенсивности облучения. Существующие подходы к стабилизации и важнейшие классы стабилизаторов.

Деструкция, инициированная механическим воздействием. Основное уравнение механокрекинга, возможные пути использования этого явления.

Связь деструктивных процессов с особенностями структуры; структурная стабилизация. Процессы структурирования и условия их протекания. Деструкция в процессах переработки и эксплуатации полимеров. Старение полимеров. Стабилизация полимеров в процессах переработки и эксплуатации.

Методы получения полимерных композитов и покрытий.

Технологические линии и оборудование для изготовления изделий из полимерных композиционных материалов. Различные варианты технологических процессов производства стеклонаполненных термопластов, отличающихся типом экструдера, конструкцией шнека, методом подпитки и методом грануляции, непосредственное смешение компонентов в литьевых машинах и т.д.

Литье под давлением изделий из полимерных композиционных материалов. Конструктивные особенности литьевых машин и форм. Технологические особенности переработки, влияние диаметра и длины стекловолокон, степени наполнения, аппретирования, ориентации, типа

связующего на свойства изделий из полимерных композиционных материалов. Области применения.

Термопласты, армированные углеродными и органическими волокнами, их свойства и области использования.

Методы получения композиционных материалов на основе термореактивных связующих, армированных волокнистыми наполнителями, и изделий из них.

Свойства целлюлозы как сырья для получения углеродных волокон.

Природные источники получения целлюлозы. Древесная и хлопковая целлюлоза. Значение целлюлозы и ее эфиров в народном хозяйстве страны. Химический состав целлюлозы. Углеводы. Моносахариды, полисахариды, пентозаны, гексозаны. Связь элементарных звеньев между собой.

Внутримолекулярные и межмолекулярные связи в целлюлозе и ее эфирах. Концевые звенья в макромолекуле целлюлозы. Наличие других элементарных звеньев в препаратах целлюлозы. Идеальная и реальная макромолекула. Надмолекулярные структуры целлюлозы. Методы их исследования.

Фазовое состояние целлюлозы. Кристаллические модификации целлюлозы. Конформационные и конфигурационные свойства целлюлозы и ее производных. Структурная неоднородность целлюлозы: зависимость от вида сырья и способов выделения, практическое значение при получении эфиров из различного целлюлозного сырья. Методы структурной модификации целлюлозы (измельчение, активация, гидролиз, инклюдирование).

Физико-химические свойства целлюлозы .

Зависимость плотности целлюлозы от степени упорядоченности структуры. Внутренняя поверхность целлюлозы. Методы определения. Поры и капилляры, их размеры, применение специальных приемов для увеличения поверхности пор и капилляров с целью повышения реакционной способности целлюлозы, практическое значение.

Гигроскопичность целлюлозы и ее зависимость от различных факторов. Влага в целлюлозе, ее роль в реакциях этерификации. Набухание и растворение целлюлозы и ее эфиров.

Свойства растворов. Молекулярная масса целлюлозы и ее эфиров. Физические и химические методы определения молекулярной массы целлюлозы. Полидисперсность целлюлозы. Содержание низкомолекулярных

и высокомолекулярных фракций, их влияние на свойства. Вязкость растворов целлюлозы. Ее зависимость от различных факторов, методы определения.

Механические свойства изделий из целлюлозы и ее эфиров, их связь со средней молекулярной массой и надмолекулярной структурой. Реакционная способность целлюлозы. Типы реакций целлюлозы. Гетерогенные и гомогенные реакции. Топохимические макроскопические реакции. Зависимость их скорости от скорости диффузии реагентов. Действие щелочей на целлюлозу, влияние химической и физической неоднородности целлюлозы и условий обработки (концентрация растворов щелочи, время, температура). Получение и свойства щелочной целлюлозы, практическое значение. Альфа-целлюлоза и ее определение. Действие кислот на целлюлозу, влияние вида, концентрации кислоты, условий обработки. Гидролиз целлюлозы, зависимость от различных факторов.

Свойства гидролизованных целлюлоз. Действие окислителей на целлюлозу. Зависимость от вида реагента, времени окисления, температуры. Химизм процесса, избирательное окисление. Свойства окисленных целлюлоз. Действие восстановителей на целлюлозу. Действие света и тепла на целлюлозу. Деструкция макромолекулы целлюлозы.

Технология производства углеродных тканей из гидратцеллюлозных волокон.

Различные требования к углеродным волокнам в зависимости от сферы их применения. Композиционные волокна на основе целлюлозы как прекурсора углеродных материалов. Формование целлюлозных и композиционных волокон сухо-мокрым способом. Термическое превращение гидратцеллюлозных волокон в углеродное волокно. Введение катализаторов в объем волокна. Получение прекурсорных волокон из композиционных прекурсоров. Волокна на основе целлюлозы с добавками различной природы.

Применение химических соединений в процессе пиролиза гидратцеллюлозных волокон. Модификация условий подготовки прекурсоров, выбор катализатора. Технологии стадии пропитки и температурно-временного режима пиролиза. Регулирующие добавки, предотвращающие процесс возгорания прекурсоров. Введение активного вещества в целлюлозную матрицу на стадии приготовления прядильных растворов. Подавление процессов термоокислительной деструкции. Реакции внутрциклической, внутримолекулярной и межмолекулярной

дегидратации, протекающие при термической обработке целлюлозы. Структурные элементы карбонизованных композитных углеродных волокон.

Графитация карбонизованных волокон. Полиморфные превращения карбонизованного волокна в графитированное при высоких температурах графитации. Совершенствование надмолекулярной структуры с приближением к структуре графита: изменение дефектности, образование и рост кристаллитов, формирование текстуры, ориентация структурных элементов в направлении оси волокна. Морфология композиционных волокон.

5. Критерии оценки

Билет состоит из 2 вопросов, каждый из вопросов оценивается в 40 баллов. Ответы на дополнительные вопросы оцениваются в 20 баллов.

Шкала оценивания:

Ответ на вопросы билета	Всестороннее, систематическое и глубокое знание материала, усвоил взаимосвязь основных понятий физической химии	Систематическое и глубокое знание материала, усвоил взаимосвязь основных понятий физической химии	Не систематическое знание материала, не до конца усвоил взаимосвязь основных понятий физической химии	Не систематическое знание материала, практически не усвоил взаимосвязь основных понятий физической химии
Количество баллов	40	30	20	10

6. Примерный перечень вопросов для экзамена

- Каковы температурные границы физических состояний аморфных полимеров? Всегда ли они реализуются?
- Вынужденная эластическая деформация, ее природа и особенности.
- Что такое механическое стеклование, в каких условиях оно наблюдается?
- Что такое напряжение вынужденной эластичности, каким соотношением оно описывается?
- Что такое время релаксации, каким выражением оно описывается и как зависит от внешних факторов?
- Что такое равновесная высокоэластическая деформация, от чего она зависит?

7. Чем отличаются пластики от эластомеров, каковы температурные области их эксплуатации?
8. Что такое угол сдвига фаз, как он возникает и как зависит от температуры и частоты?
9. Что такое механический гистерезис, как описываются гистерезисные потери?
10. Основные внешние проявления аномалии вязкости полимеров.
11. Температурно-временная суперпозиция, ее смысл.
12. Что такое единичный кристалл, в каких условиях он формируется?
13. Что такое кристаллы с выпрямленными цепями и кристаллы со свернутыми цепями? Приведите примеры.
14. Каким уравнением описывается процесс кристаллизации полимеров?
15. Что такое одноосная и двухосная ориентация, в каких случаях они применяются?
16. Что такое ориентированное состояние полимеров? Приведите примеры.
17. Нарисуйте кинетическую кривую процесса кристаллизации. Как на нее влияет температура?
18. Какие виды ориентации Вы знаете?
19. Что такое жидкокристаллическое состояние и к каким состояниям оно относится?
20. Какие типы структур в жидкокристаллическом состоянии Вам известны?
21. Как зависит скорость процесса кристаллизации от температуры?
22. Какими путями можно зафиксировать ориентированное состояние у полимеров?
23. Как влияют примеси на процесс кристаллизации полимеров?
24. Как влияют на процесс кристаллизации внешние факторы – ориентация, давление, температура?
25. Как влияет скорость охлаждения на процесс кристаллизации полимеров?
26. В чем принципиальное отличие аморфных и кристаллизующихся полимеров при их механическом нагружении?
27. Какие стадии процесса кристаллизации Вам известны? Какие методы пригодны для изучения кинетики кристаллизации полимеров?
28. Виды механизма зародышеобразования при кристаллизации полимеров.

29. У полимеров какого строения может быть реализовано жидкокристаллическое состояние?
30. Как влияет температура на скорость возникновения активных центров (зародышей) кристаллизации?
31. Причины различия значений температур структурного и механического стеклования.
32. Что такое период индукции при кристаллизации и от чего зависит его величина?
33. Стабильность ориентированного состояния у аморфных и кристаллических полимеров – причины и различия.
34. Моделирование реологических свойств неньютоновских жидкостей.
35. Реологические модели волокнистых суспензий.
36. Сверханомалия вязкости волокнистых суспензий.
37. Влияние влажности на кривую напряжение-деформация.
38. Релаксация напряжений в полимерных композитах. Внутренние напряжения и пути их снижения.
39. Ползучесть волокнистых материалов. Кривые ползучести. Микромеханизмы ползучести.
40. Разрушение при растяжении и сжатии вследствие ползучести.
41. Моделирование реологических свойств неньютоновских жидкостей.
42. Сверханомалия вязкости в расплавах полимеров.
43. Влияние скорости растяжения на кривую напряжение-деформация.
44. Влияние влажности на кривую напряжение-деформация.
45. Реология дисперсий регенерированной целлюлозы.
46. Смазочные материалы на основе регенерированной целлюлозы.
47. Реологическое поведение дисперсий регенерированной целлюлозы.
48. Реологические свойства гелей на основе ацетобутирата целлюлозы.
49. Реологические свойства растворов ЖК-полимеров.
50. Активационная природа вязкого течения растворов полимеров.

7. Список рекомендуемой литературы

1. Технология переработки полимеров. Физические и химические процессы: учебное пособие для вузов / М. Л. Кербер [и др.]; под редакцией

М. Л. Кербера. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 316 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-04915-2. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/492744> (дата обращения: 25.01.2022).

2. Киреев В. В. Высокомолекулярные соединения в 2 ч. Часть 1: учебник для вузов / В. В. Киреев. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 365 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-03986-3. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/490451> (дата обращения: 25.01.2022).

3. Киреев В. В. Высокомолекулярные соединения в 2 ч. Часть 2: учебник для вузов / В. В. Киреев. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 243 с. — (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-03988-7. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/490452> (дата обращения: 25.01.2022).

4. Михайлин Ю. А. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике: учебное пособие / Ю. А. Михайлин. – Санкт-Петербург: НОТ, 2013. – 720 с. – ISBN 978-5-91703-037-1. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/35865> (дата обращения: 25.01.2022).

5. Гладков С. О. Физика композитов: учебник для вузов / С. О. Гладков. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 332 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-01607-9. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/492206> (дата обращения: 25.01.2022).

6. Кулезнев В. Н. Химия и физика полимеров: учебное пособие / В. Н. Кулезнев, В. А. Шершнев. – 3-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 368 с. – ISBN 978-5-8114-1779-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/168696> (дата обращения: 25.01.2022).

7. Модификация структуры и свойств целлюлозы: монография / В. А. Петров, З. Т. Валишина, О. Т. Шипина [и др.]. – Казань: КНИТУ, 2016. – 172 с. – ISBN 978-5-7882-2090-1. [Текст]: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/102071> (дата обращения: 25.01.2022).

8. Коноплева А. А. Физикохимия композиционных полимерных материалов: учебное пособие / А. А. Коноплева, А. Р. Гатауллин, Ю. Г. Галяметдинов. – Казань: КНИТУ, 2018. – 100 с. – ISBN 978-8-7882-2467-1. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/166299> (дата обращения: 25.01.2022)

9. Леонович А. А. Физика и химия полимеров: учебное пособие для вузов / А. А. Леонович. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 104 с. – ISBN 978-5-8114-7406-6. – Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/176869> (дата обращения: 25.01.2022).