

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Химический факультет

**УТВЕРЖДАЮ
Проректор ДонГУ**



А.В. Белый

2026 г.

ПРОГРАММА

**вступительного экзамена для поступающих на обучение
по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров
в аспирантуре
по специальности 1.4.7 Высокомолекулярные соединения**

Донецк – 2026

Программа вступительного экзамена по направлению подготовки **04.06.01 Химические науки**, по специальности **1.4.7 Высокомолекулярные соединения** (для осуществления приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре). Программа разработана в соответствии с требованиями базовых учебных программ образовательных учреждений высшего образования и паспортом научной специальности.

Структура экзамена

Раздел 1. Основные понятия и определения химии полимеров. Синтез полимеров

1.1. Основные понятия. Классификация полимеров

Исторические аспекты формирования современного понятия «полимер» и «макромолекула».

Основные отличия полимеров от низкомолекулярных соединений.

Основные понятия согласно рекомендациям ИЮПАК: полимер, олигомер, макромолекула, мономер, составляющая повторяющегося звена, составляющее звено, мономерное звено, степень полимеризации.

Номенклатура полимеров: тривиальная, рациональная, ИЮПАК.

Классификация полимеров: по происхождению, химическому составу, числу мономерных звеньев в полимерной цепи, форме и строению макромолекул, характеру надмолекулярной структуры, полярности связей, отношению к нагреванию, деформации, воздействию воды, вариантам присоединения мономерного звена к макромолекуле, которая растет, пространственному строению макромолекул (атактические и стереорегулярные полимеры), геометрической изомерии (натуральный каучук и гуттаперча; понятие периода идентичности).

Природные полимеры. Целлюлоза. Крахмал. Белки. Полипептиды. Каучук и гуттаперча.

Искусственные полимеры.

1.2. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение полимеров

Отличие понятия «молекулярная масса» для низкомолекулярных и высокомолекулярных соединений.

Причины полидисперсности полимеров.

Понятие «степень полимеризации», «полимергомологи».

Способы усреднения молекулярной массы полимеров и методы, используемые для определения средних молекулярных масс полимеров.

Степень полидисперсности моно- и полидисперсных полимеров.

Молекулярно-массовое распределение полимеров (интегральные и дифференциальные кривые ММР и МЧР).

Основные способы, используемые для фракционирования полимеров с целью построения кривых молекулярно-массового распределения.

1.3. Основные методы синтеза полимеров

Цепная полимеризация и поликонденсация как способы синтеза полимеров.

Определение, особенности, основные стадии цепной полимеризации, понятие кинетической и материальной цепей.

Определение процессов поликонденсации и полиприсоединения.

Синтез полимеров полиприсоединением.

Гомо-, гетеро- и сополиконденсация, линейная и трехмерная поликонденсация.

Основные отличия цепной полимеризации и поликонденсации.

Мономеры, которые используются для получения полимеров различными методами. Их физические и химические свойства.

Сополимеризация и сополиконденсация. Синтез и использование полимеров, полученных полимеризацией нескольких мономеров.

1.4. Радикальная полимеризация

Определение радикальной полимеризации, общая схема процесса.

Синтез полимеров радикальной полимеризацией.

Типы мономеров, способных полимеризоваться по радикальному механизму, важнейшие полимеры, которые получают в промышленности таким способом, основные способы инициирования процесса радикальной полимеризации.

Характерные черты физических способов инициирования радикальной цепной полимеризации (термическое самоиницирование, радиационно-химическое и фотохимическое инициирование).

Химическое и окислительно-восстановительное инициирования радикальной цепной полимеризации.

Понятие «эффективность инициирования» и «клеточный» эффект.

Основные факторы, влияющие на эффективность инициирования.

Стадии роста, передачи и обрыва цепи при радикальной полимеризации.

Влияние активности мономера и макрорадикалов на скорость стадии роста цепи.

Варианты присоединения молекулы мономера к активному центру «голова к голове», «голова к хвосту», «хвост к хвосту».

Передача цепи на инициатор, мономер, полимер, растворитель.

Основные последствия, к которым приводят реакции передачи цепи. Понятие о регуляторах, замедлителях и ингибиторах.

Различия обрыва цепи диспропорционированием и рекомбинацией при радикальной полимеризации.

Характер молекулярно-массового распределения при радикальной полимеризации и степень полидисперсности при обрыве цепи рекомбинацией и диспропорционированием.

Гель-эффект как диффузионно контролируемый процесс, наблюдается при полимеризации на глубоких стадиях. Способы исключения гель-эффекта при производстве полимеров.

Вывод уравнения скорости радикальной полимеризации (принципы Флори и Боденштейна-Нернста).

Типичный вид кинетической кривой радикальной цепной полимеризации.

Влияние различных факторов на скорость и степень радикальной полимеризации (концентрация инициатора и мономера, температура, давление).

Технические приемы синтеза полимеров методом цепной полимеризации (полимеризация в массе, растворе, суспензии, эмульсии).

1.5. Ионная и ионно-координационная полимеризация

Общая характеристика ионной полимеризации. Мономеры, способные полимеризоваться по ионному механизму.

Понятие "живой" полимеризации.

Основные отличия ионной и радикальной полимеризации.

Кинетические особенности ионной полимеризации.

Катионная полимеризация: мономеры и инициаторы катионной полимеризации. Инициирование, рост и ограничения роста цепи при катионной полимеризации. Влияние условий процесса на скорость и степень катионной полимеризации.

Анионная полимеризация: мономеры и инициаторы анионной полимеризации. Инициирование, рост и ограничения роста цепи при анионной полимеризации.

Анионно-координационная полимеризация. Синтез моодисперсных и блок-сополимеров «живой» анионной полимеризацией.

Влияние условий процесса на скорость и степень анионной полимеризации.

Синтез полимеров ионной и ионно-координационной полимеризацией.

Определение и катализаторы ионно-координационной полимеризации. Механизм действия катализаторов Циглера-Натта при получении стереорегулярных полимеров.

Стереорегулярные полимеры виниловых и диеновых мономеров, образующихся под действием катализаторов Циглера-Натта.

Полимеризация циклов (преобразование циклических мономеров в линейные полимеры).

Полимеризация циклов: термодинамика процессов взаимных превращений циклов и линейных полимеров, влияние различных факторов на равновесие цикл-полимер, кинетика и механизм полимеризации циклов..

1.6. Поликонденсация

Определение поликонденсации. Мономеры, способные полимеризоваться по поликонденсационному механизму (гомо- и гетерофункциональные мономеры), соответствующие схемы реакций.

Классификация процессов поликонденсации: гомо- и гетерополиконденсация, линейная и трехмерная поликонденсация.

Равновесная и неравновесная поликонденсация, константа поликонденсационного равновесия.

Степень полимеризации при поликонденсации, ее зависимость от глубины поликонденсации, уравнение Карозерса и его анализ.

Синтез полимеров поликонденсацией.

Кинетика поликонденсации.

Трехмерная поликонденсация: типы мономеров, способных образовывать разветвленные и сетчатые полимеры, фенолоформальдегидные смолы.

Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение при линейной поликонденсации, факторы, на них влияющие.

Технические методы осуществления поликонденсации (в расплаве, в растворе, в твердой фазе).

Раздел 2. Структура и свойства полимеров

2.1. Структура полимеров

Структура макромолекул: химическое строение, конфигурация и конформация макромолекул.

Надмолекулярные структуры полимеров: основные типы надмолекулярных структур аморфных и кристаллических полимеров, регулирование надмолекулярных структур полимеров изменением параметров переработки, введением активных структуро-образователей, химической модификацией.

Гибкость макромолекул. Потенциальный барьер внутреннего вращения. Термодинамическая и кинетическая гибкость цепи, факторы, влияющие на кинетическую гибкость цепи.

Размер макромолекул. Сегмент макромолекулы Куна.

Структура и свойства привитых и блоксополимеров

2.2. Фазовые и физические состояния полимеров

Фазовые и агрегатные переходы полимеров при изменении температуры. Физические состояния аморфных полимеров: стеклообразное, высокоэластическое и вязкотекучее.

Межмолекулярное взаимодействие и тепловое движение в стеклообразном состоянии. Температура стеклования, влияние различных факторов на температуру стеклования аморфных полимеров.

Проявление высокоэластичности полимеров. Природа высокоэластической деформации.

Пластификация и пластификаторы.

Особенности поведения полимеров в разных физических состояниях.

Релаксационные механические свойства полимеров. Явление гистерезиса.

Основные закономерности течения полимеров, температура текучести.

Термомеханические кривые аморфных полимеров.

Кристаллизация как главный фазовый переход в полимерах, механизм кристаллизации, кристаллические полимеры, степень кристалличности.

Термомеханические кривые кристаллических полимеров.

Смеси полимеров.

2.3. Физические свойства полимеров

Механические (деформационные и прочностные), теплофизические, электрические и другие свойства полимеров.

Прочность и хрупкость полимеров.

Механизм разрушения полимеров. Факторы, влияющие на прочность полимеров.

Методы исследования структуры и свойств полимеров и композитов:

2.4. Растворы полимеров

Явление набухания полимеров. Ограниченное и неограниченное набухание. Влияние разных факторов на набухание и растворение полимеров.

Особенности свойств растворов полимеров. Фазовые диаграммы систем полимер/растворитель. Критические температуры растворения.

«Хорошие» и «плохие» растворители. Термодинамические критерии качества растворителя.

Разбавленные растворы полимеров. Термодинамика растворения полимеров. Энтропия, энтальпия и свободная энергия смешения.

Вязкость разбавленных растворов полимеров. Понятие абсолютной, удельной, относительной, приведенной, характеристической вязкости.

Связь характеристической вязкости со средневязкостной молекулярной массой (уравнения Марка-Куна-Хаувинка). Вискозиметрия как метод определения средневязкостной молекулярной массы полимеров.

Коллигативные свойства растворов полимеров. Осмотическое давление растворов полимеров.

Полиэлектролиты. Химические и физико-химические особенности поведения поликислот, полиоснований и их солей. Полиамфолиты. Иониты.

Физико-химические основы фракционирования полимеров.

Концентрированные растворы полимеров. Явление ассоциации макромолекул в концентрированных растворах полимеров. Студень. Явление синерезиса. Пластификация и пластификаторы.

2.5. Химические реакции полимеров

Особенности химических реакций полимеров. Различия реакционной способности полимеров и низкомолекулярных соединений.

Химические превращения полимеров без смены степени полимеризации (внутримолекулярные и полимераналогичные превращения).

Реакции, приводящие к изменению степени полимеризации (сшивание, термическая, термоокислительная, химическая, фотохимическая, механическая деструкция, деполимеризация).

Эластомеры. Натуральные и синтетические каучуки. Вулканизация каучуков.

Стабилизация полимеров.

Старение и стабилизация карбоцепных полимеров.

Раздел 3. Полимерные композиционные материалы

3.1. Понятие о полимерных композитах. Классификации полимерных композитов

Понятие о полимерных композитах. Преимущества полимерных композитов по сравнению с традиционными материалами.

Структура, свойства и недостатки термопластичных и термореактивных полимерных матриц. Примеры полимерных композитов.

Международные универсальные коды переработки пластмасс

3.2. Наполнители для полимерных композитов

Классификации наполнителей: по функциям, по агрегатному состоянию.

Понятие идеального наполнителя. Требования к нему.

Цель введения дисперсных наполнителей в полимеры. Требования, предъявляемые к дисперсным наполнителям.

Основные характеристики дисперсных наполнителей: размер частиц, понятие о нанокompозитах. Основные виды дисперсных наполнителей.

Цель введения армирующих элементов в полимер. Понятие об удельной прочности и удельном модуле упругости.

Волокнистые армирующие элементы. Форма и содержание волокон в полимерной матрице.

Классификация волокон: однонаправленные непрерывные, тканые, объемного плетения, нетканые. Основные виды волокон: стеклянные, базальтовые, углеродные, борные, органические (получение, свойства, преимущества, недостатки, применение).

Листовые армирующие элементы: ткани, шпон, бумага, пленки (основные характеристики и применение). Понятие о гетинаксе и текстолите.

Объемные армирующие элементы. Основные характеристики: объемная масса, пористость, размер пор (ячеек). Структура и свойства объемных наполнителей.

Газонаполненные полимеры.

Основная литература

1. Киреев В. В. Высокомолекулярные соединения: учебник / В. В. Киреев. – М. : Юрайт, 2013. – 602 с.
2. Сутягин В. М. Общая химическая технология полимеров: учеб. пособие / В. М. Сутягин, А. А. Ляпков. – 5-е изд., стер. – СПб : Лань, 2020. – 208 с.
3. Аскадский А. А. Введение в физико-химию полимеров / А. А. Аскадский, А. Р. Хохлов. – Москва : Научный мир, 2009. – 380 с.

4. Семчиков Ю. Д. Введение в химию полимеров: учеб. пособие / Ю. Д. Семчиков С. Ф. Жильцов, С. Д. Зайцев. – 2-е изд., стер. – СПб : Лань, 2014. – 224 с.
5. Семчиков Ю. Д. Высокомолекулярные соединения : Учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности 011000 «Химия» и направлению 510500 «Химия» / Ю. Д. Семчиков. – 2-е изд. – М. : Академия, 2005. – 366 с.
6. Хохлов А. Р., Кучанов С. И. Лекции по физической химии полимеров. – М.: Мир, 2000. – 192 с.
7. Виноградова С. В., Васильев В. А. Поликонденсационные процессы и полимеры. – М.: Наука, 2000. – 373 с.
8. Киреев В. В. Высокомолекулярные соединения. Учебник для академического бакалавриата. В 2 частях. Часть 1 / В. В. Киреев. – М. : Юрайт, 2017. – 365 с.
9. Киреев В. В. Высокомолекулярные соединения. Учебник для академического бакалавриата. В 2 частях. Часть 2 / В. В. Киреев. – М. : Юрайт, 2017. – 243 с.
10. Композиты на основе сетчатой полимерной матрицы: учеб.-метод. пособие / Р. И. Лыга – Донецк: ДонГУ, 2024. – 103 с.
11. Нанотехнологии : азбука для всех / [Н. С. Абрамчук, С. М. Авдошенко, А. Н. Баранов и др.] ; под ред. Ю. Д. Третьякова. – 2-е изд. – Москва : Физматлит, 2009. – 365 с.
12. Принципы создания композиционных полимерных материалов / А. А. Берлин, С. А. Вольфсон, В. Г. Ошмян, Н. С. Ениколопов. – Москва : Химия, 1990. – 237 с.
13. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы : учеб. пособие для студентов старших курсов, обучающихся по специальности 020101 (011000) – Химия / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин. – Москва : Физматлит, 2010.
14. Фистуль, В. И. Новые материалы : Состояние, проблемы, перспективы. – М. : МИСИС, 1995. – 144 с.

Дополнительная литература

1. Синтез и свойства высокомолекулярных соединений: учебно-методическое пособие / Р. И. Лыга, В. М. Михальчук, Т. Б. Полищук и др. – Донецк: ДонНУ, 2020. – 130 с.
2. Кленин В. И. Высокомолекулярные соединения: учебник / В. И. Кленин, И. В. Федусенко. – 2-е изд., испр. – СПб : Лань, 2013. – 512 с.
3. Перекрестова Е. Н. Высокомолекулярные соединения: учеб. пособие / Е. Н. Перекрестова. – Оренбург : ОГУ, 2011. – 114 с.
4. Шишенок М. В. Высокомолекулярные соединения: учеб. пособие / М. В. Шишенок. – Минск : Высш. шк., 2012. – 535 с.
5. Дой М., Эдвардс С. Динамическая теория полимеров. – М.: Мир, 1998. – 440 с.
6. Основы золь-гель технологии нанокompозитов / А. И. Максимов, В. А. Мошников, Ю. М. Таиров, О. А. Шилова; СПб.: ООО «Техномедиа», Изд-во «Элмор», 2008. – 255 с.

7. Высокомолекулярные соединения: учебник и практикум для академического бакалавриата / М. С. Аржаков и др.; под ред. А. Б. Зезина. – М. : Юрайт, 2017. – 340 с.
8. Полимерные композиционные материалы / А.Н. Бобрышев. - Москва: Издательство АСВ, 2013. – 475 с.
9. Производство изделий из полимерных листов и пленок / М. А. Шерышев. - СПб.: Научные основы и технологии, 2011. – 554 с.
10. Сайфуллин, Р. С. Физикохимия неорганических полимерных и композиционных материалов / Р. С. Сайфуллин. – Москва : Химия, 1990. – 239 с.
11. Сутягин В. М. Общая химическая технология полимеров : учебное пособие / В. М. Сутягин, А. А. Ляпков. – 5-е изд., стер. – СПб : Лань, 2020. – 208 с.
12. Современные технологии получения и переработки полимерных и композиционных материалов: учебное пособие / В.Е. Галыгин, Г.С. Баронин, В.П. Таров, Д.О. Завражин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 180 с.
13. Конструкционные полимерные композиты : учебное пособие / Н. А. Адаменко, А. В. Фетисов, Г. В. Агафонова. – Волгоград : ВГТУ, 2010. – 99 с.

Программа разработана на основании паспорта научной специальности 1.4.7
Высокомолекулярные соединения.

Программа одобрена на заседании Ученого совета химического факультета,
протокол от «27» мая 2026 г. № 6.

Декан



С.Г. Бахтин

