

**ПРОГРАММА**  
**вступительного экзамена по образовательной программе высшего образования –**  
**программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**  
**по научной специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения**  
**(группа научных специальностей 1.4. Химические науки)**

**1. Организация вступительного испытания**

Форма проведения вступительного испытания: устный ответ на вопросы экзаменационного билета. Билет вступительного испытания содержит 2 вопроса.

Язык проведения вступительных испытаний – русский.

**2. Содержание вступительного экзамена.**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
<b>Раздел 1. Основные понятия и определения.</b>		
1.	Тема 1. Введение.	Мономер, полимер, олигомер, макромолекула, мономерное звено, степень полимеризации. Молекулярные массы (среднечисловая, средневесовая) и молекулярно-массовые распределения (ММР). Роль полимеров в живой природе и их значение в промышленности. Предмет и задачи науки о высокомолекулярных соединениях.
2.	Тема 2. Классификация высокомолекулярных соединений.	Природные и синтетические полимеры. Органические (элементарноорганические) и неорганические полимеры. Линейные, разветвленные и сшитые полимеры. Гомополимеры, сополимеры, блок-сополимеры, привитые сополимеры. Гомоцепные и гетероцепные полимеры.
<b>Раздел 2. Синтез полимеров.</b>		
3.	Тема 3. Полимеризация.	Радикальная полимеризация и сополимеризация. Инициирование радикальной полимеризации. Типы инициаторов. Реакция роста, обрыва и передачи цепи. Ингибиторы. Кинетика радикальной полимеризации при малых степенях превращения. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение полимеров, образующихся при радикальной полимеризации. Ионная полимеризация. Катионная полимеризация. Катализаторы и сокатализаторы. Рост и ограничение роста цепей при катионной полимеризации. Влияние природы растворителей. Анионная полимеризация. Катализаторы анионной полимеризации. Инициирование, рост и ограничение роста цепей при анионной полимеризации. «Живые цепи».
4.	Тема 4. Поликонденсация.	Типы реакций поликонденсации. Основные различия полимеризационных и поликонденсационных процессов. Влияние стехиометрии, монофункциональных примесей и побочных реакций на молекулярную массу продуктов поликонденсации и образование сетчатых структур. Равновесная и неравновесная (обратимая и необратимая) поликонденсация. Термодинамика поликонденсации. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение при поликонденсации.
<b>Раздел 3. Химические свойства и химические превращения полимеров.</b>		

5.	Тема 5. Полимераналогичные и внутримолекулярные превращения.	Химические реакции, не приводящие к изменению степени полимеризации макромолекул: полимераналогичные и внутримолекулярные превращения. Внутримолекулярная циклизация. Примеры использования полимераналогичных превращений и внутримолекулярных реакций для получения новых полимеров.
6.	Тема 6. Деструкция и деполимеризация.	Химические реакции, приводящие к уменьшению степени полимеризации макромолекул: деструкция и деполимеризация. Расщепление полимерных цепей под влиянием химических и физических воздействий. Деградация полимеров в условиях эксплуатации и переработки. Термоокислительная деструкция. Принципы стабилизации полимеров. Принципы их переработки.
<b>Раздел 4. Растворы полимеров.</b>		
7.	Тема 7. Макромолекулы и их поведение в растворах.	Конфигурация макромолекул и конфигурационная изомерия. Стереорегулярные макромолекулы. Конформация макромолекулы и конформационная изомерия. Макромолекула в растворах. Термодинамический критерий растворимости. Ограниченное и неограниченное набухание. Поведение макромолекул в растворе и его особенности по сравнению с поведением молекул низкомолекулярных веществ.
8.	Тема 8. Разбавленные растворы полимеров.	Вязкость разбавленных растворов. Приведенная и характеристическая вязкость. Связь характеристической вязкости с молекулярной массой (уравнение Марка-Хаувинка). Вискозиметрия как метод определения средневязкостной молекулярной массы.
9.	Тема 9. Концентрированные растворы полимеров.	Концентрированные растворы, гели, коллоидные дисперсии полимеров. Ассоциация макромолекул в концентрированных растворах и структурообразование. Особенности течения концентрированных растворов. Сходство и различие между концентрированными растворами и гелями. Коллоидные дисперсии полимеров. Пластификация полимеров. Пластификаторы и антипластификаторы.
<b>Раздел 5. Физические состояния полимеров.</b>		
10.	Тема 10. Аморфные полимеры.	Высокоэластическое состояние. Связь между равновесной упругой силой и удлинением. Релаксационные явления в полимерах. Механические и диэлектрические потери. Стеклообразное состояние. Особенности полимерных стёкол. Упругие деформации полимерных стёкол. Вынужденная эластичность. Вязко-текучее состояние полимеров. Зависимость температуры текучести от молекулярной массы.
11.	Тема 11. Кристаллические полимеры.	Кристаллизация полимеров. Типы надмолекулярных структур закристаллизованных полимеров. Свойства кристаллических полимеров. Термомеханические кривые кристаллических и аморфных полимеров. Ориентированные структуры кристаллических и аморфных полимеров.
<b>Раздел 6. Важнейшие представители полимеров.</b>		
12.	Тема 12. Полимеры и сополимеры.	Полимеры и сополимеры моноолефинов и их производных: полиэтилен, полипропилен и их сополимеры, полистирол, поливинилхлорид, политетрафторэтилен, полимеры акрилового и метакрилового рядов. Полимеры и сополимеры диолефинов (диенов): полибутадиен и сополимеры бутадиена, полиизопрен.

13.	Тема 13. Полиэфиры, полиамиды, эпоксидные смолы и другие полимеры.	Полиэфиры простые (полиэтиленоксид), полиэфиры сложные (полиэтилентерефталат, глифталевые смолы), полиацетали (полиоксиметилен, целлюлоза и её производные). Полиамиды (поликапролактан, полигексаметиленадипинат), полиуретаны, белки, нуклеиновые кислоты, понятие об их биологических функциях. Полисилоксаны (силоксановые каучуки и покрытия). Эпоксидные смолы. Пластические массы. Резина. Композиционные материалы.
-----	--	---

### 3. Перечень вопросов к вступительному экзамену.

1. Основные понятия и определения химии высокомолекулярных соединений. Мономер, олигомер, полимер, молекулярная масса, степень полимеризации.
2. Классификация высокомолекулярных соединений: по составу основной цепи, по структуре основной цепи, по строению макромолекулы, по размещению элементарных звеньев в макромолекуле. Гомополимеры, сополимеры, блок-сополимеры, привитые сополимеры.
3. Синтез полимеров. Классификация способов полимеризации. Свободно-радикальная полимеризация. Иницирование радикальной полимеризации (термическая, фотоиницирование, радиационная).
4. Свободно-радикальная полимеризация. Иницированная полимеризация. Типы инициаторов (примеры). Окислительно-восстановительное иницирование.
5. Реакции роста, обрыва и передачи цепи при свободно-радикальной полимеризации.
6. Реакции передачи цепи: передача цепи на полимер, на мономер, на инициатор, на растворитель (теломеризация). Ингибиторы и замедлители свободно-радикальной полимеризации.
7. Кинетика радикальной полимеризации при малых степенях превращения. Факторы влияющие на молекулярную массу полимеров, образующихся при радиальной полимеризации.
8. Способы проведения радикальной полимеризации (в массе, растворе, суспензии, эмульсии).
9. Ионная полимеризация. Катионная полимеризация. Катализаторы катионной полимеризации.
10. Реакции иницирования. Роста и обрыва цепи при катионной полимеризации. Кинетика катионной полимеризации.
11. Анионная полимеризация. Катализаторы анионной полимеризации (амид щелочного металла, щелочной металл, каталитический комплекс щелочной металл-нафталин, алкил щелочного металла).
12. Координационно-ионная полимеризация. Синтез стереорегулярных полимеров. Механизм полимеризации на катализаторах Циглера-Натта.
13. Сополимеризация. Уравнение состава сополимеров.
14. Ступенчатая полимеризация (полиприсоединение).
15. Поликонденсация. Типы реакций поликонденсации.
16. Основные различия полимеризационных и поликонденсационных процессов.
17. Способы проведения поликонденсации (в твердой фазе, в растворе, в расплаве, на границе раздела фаз).
18. Химические свойства и химические превращения полимеров. Реакционная способность полимеров.
19. Полимераналогичные и внутримолекулярные превращения. Внутримолекулярная циклизация.
20. Реакции, приводящие к увеличению степени полимеризации макромолекул (межмолекулярные или макромолекулярные реакции): сшивание полимерных цепей, вулканизация каучуков, привитая и блок-сополимеризация.
21. Реакции, приводящие к уменьшению степени полимеризации макромолекул: деструкция и деполимеризация.
22. Термическая и термоокислительная деструкция.
23. Окислительная деструкция полимеров.
24. Механическая деструкция полимеров
25. Гибкость цепи полимеров. Внутримолекулярное вращение. Конформации макромолекул.
26. Термодинамическая и кинетическая гибкость цепи. Понятие о статистическом сегменте
27. Макромолекула в растворах. Термодинамический критерий растворимости. Второй вириальный коэффициент.
28. Растворы полимеров. Ограниченное и неограниченное набухание. Степень и кинетика набухания. Поведение макромолекул в растворе и его особенности по сравнению с поведением молекул низкомолекулярных веществ.
29. Студни или гели полимеров.
30. Растворы полимеров. Ограниченное и неограниченное набухание. Степень и кинетика набухания.
31. Разбавленные растворы полимеров. Вязкость разбавленных растворов. Приведенная и характеристическая вязкость.

32. Связь характеристической вязкости с молекулярной массой (уравнение Марка-Хаувинка).
33. Вискозиметрия как метод определения средневязкостной молекулярной массы.
34. Осмометрия растворов полимеров как метод определения среднечисловых молекулярных масс.
35. Зависимость растворимости от молекулярной массы. Фракционирование макромолекул.
36. Определение молекулярных масс полимеров химическими методами.
37. Особенности течения концентрированных растворов полимеров. Сходство и различие между разбавленными и концентрированными растворами полимеров.
38. Пластификация полимеров. Пластификаторы и их влияние на свойства полимеров.
39. Физические состояния аморфных полимеров: стеклообразное, высокоэластическое, вязкотекучее).
40. Термомеханические кривые аморфных полимеров.
41. Кристаллические полимеры. Термомеханические кривые кристаллических полимеров.
42. Ориентированные структуры аморфных полимеров. Принципы формирования ориентированных волокон, плёнок из расплавов и растворов полимеров.
43. Физико-механические свойства полимеров и методы их определения: прочность на разрыв, относительное и остаточное удлинения при разрыве, эластичность, твердость, стираемость.
44. Полимеры моноолефинов: полиэтилен, полипропилен, полистирол, поливинилхлорид, политетрафторэтилен.
45. Полимеры и сополимеры диолефинов (диенов): полибутадиен и его сополимеры, полиизопрен.
46. Фенолформальдегидные смолы, получение и свойства.
47. Полиэфиры простые и сложные (полиэтилентерефталат, глифталевые смолы), полиацетали (полиоксиметилен, целлюлоза и её производные).
48. Поливиниловый спирт.
49. Полиамиды (поликапролактан, полигексаметиленадипинат), полиуретаны, белки, нуклеиновые кислоты.
50. Кремнийорганические полимеры.
51. Каучуки и резины. Физико-механические и эксплуатационные свойства резин и методы их определения.

**4. Шкала оценивания, минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, максимальное количество баллов.**

Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по **100-балльной шкале**. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, составляет **50 (пятьдесят) баллов**. Максимальное количество баллов составляет **100 (сто) баллов**.

**Шкала оценивания на вступительном испытании по специальной дисциплине:**

**Оценка «100 – 76» – «5» баллов (по пятибалльной шкале) выставляется, если поступающий демонстрирует:**

- глубокие знания основных понятий в области научной специальности, умение оперировать ими;
- высокую степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы;
- отличное умение представить основные вопросы в научном контексте;
- отличное владение научным стилем речи.

**Оценка «75 – 64» – «4» балла (по пятибалльной шкале) выставляется, если поступающий демонстрирует:**

- хорошие знания основных положений в области научной специальности, умение оперировать ими, демонстрируются единичные неточности;
  - достаточная степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы, демонстрируются единичные неточности;
  - единичные (негрубые) стилистические и речевые погрешности;
  - умение защитить ответы на основные вопросы;
  - хорошее владение научным стилем речи.

**Оценка «63 – 50» – «3» балла (по пятибалльной шкале) выставляется, если поступающий демонстрирует:**

- удовлетворительные знания основных понятий в области научной специальности, умение оперировать ими, неточности знаний;

- удовлетворительная степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы;
- посредственные ответы на вопросы.

**Оценка «менее 50» – «2» балла (по пятибалльной шкале) выставляется, если поступающий демонстрирует:**

- грубые ошибки в знании основных положений в области научной специальности;
- отсутствие знаний основных положений в области научной специальности, умения оперировать ими;
- недостаточное владение научным стилем речи;
- не умение защитить ответы на основные вопросы.

## 5. Рекомендуемая литература

### Рекомендуемая основная литература

№	Название
1.	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: <a href="https://urait.ru/bcode/490451">https://urait.ru/bcode/490451</a> (дата обращения: 24.02.2022).
2.	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: <a href="https://urait.ru/bcode/490452">https://urait.ru/bcode/490452</a> (дата обращения: 24.02.2022).
3.	Шишенок, М. В. Высокомолекулярные соединения [Электронный ресурс] : Учебное пособие / М. В. Шишенок ; М. В. Шишенок. - Минск : Вышэйш. шк., 2012. - 535 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-985-06-1666-1. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/20205.html">http://www.iprbookshop.ru/20205.html</a>
4.	Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения: Учебник для вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 368 с.

### Рекомендуемая дополнительная литература

№	Название
1.	Кленин, В. И. Высокомолекулярные соединения [Электронный ресурс] / В. И. Кленин, И. В. Федусенко. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 512 с. - ISBN 978-5-8114-1473-4. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=5842">https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=5842</a>
2.	Химия и технология высокомолекулярных соединений : учебно-методическое пособие / Ю. И. Нейн, О. С. Ельцов, М. Ф. Костерина, под редакцией Т. В. Глухаревой. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2018. - 116 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5-7996-2399-9. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/106548.html">http://www.iprbookshop.ru/106548.html</a>
3.	Химия высокомолекулярных соединений [Электронный ресурс] : Методические указания к лабораторным работам / Т. А. Вахонина, Е. Н. Мочалова ; сост.: Т. А. Вахонина, Е. Н. Мочалова. - Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. - 48 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/63547.html">http://www.iprbookshop.ru/63547.html</a>
4.	Кулезнев В.Н., Шершнева В.А. Химия и физика полимеров: Учеб. М.: Высшая школа, 1988. 512 с.
5.	Кузьмин М. В., Колямшин О. А., В. А. Игнатьев, Л. Г. Рогожина ; [отв. ред. Н. И. Кольцов] ; Чуваш. гос. ун-т им. И. Н. Ульянова Высокомолекулярные соединения: учебное пособие [для 3-4 и магистрантов 1 курсов химико- фармацевтического факультета]. - Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2015. - 141с.

### Программное обеспечение и Интернет-ресурсы.

1. <http://www.twirpx.com/files/chidnustry/hmc/> - 468 источников информации (книги, монографии, учебные пособия)

зарубежных и отечественных авторов по тематике «Высокомолекулярные соединения и полимеры», для доступа необходима регистрация;

2. <http://polymer.nglib.ru/catalog.jsp?rubric=185> - электронная библиотека портала научно-технической информации «Нефть и Газ», раздел «Каучук и резина», 41 источник информации (электронные книги), для доступа необходима регистрация;

3. [http://www.newlibrary.ru/genre/nauka/himija/vysokomolekuljarnye\\_soedinenija/page1/](http://www.newlibrary.ru/genre/nauka/himija/vysokomolekuljarnye_soedinenija/page1/) - портал электронной библиотеки, раздел «Высокомолекулярные соединения и полимеры», 48 книг, доступ без регистрации;

4. <http://www.bookshunt.ru> - электронная библиотека, где можно бесплатно скачивать книги;

5. <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная библиотека;

6. <http://www.lib.msu.ru> - библиотека МГУ;

7. <http://www.lib.pu.ru> - библиотека СПбГУ.