

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Волгоградский государственный технический университет»

Кафедра «Аналитическая, физическая химия и физико-химия полимеров»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

 С.В. Кузьмин

«31» марта 2022 г.

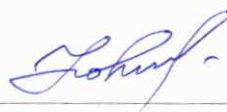


Программа вступительного экзамена в аспирантуру по специальности  
1.4.7. – Высокомолекулярные соединения

Волгоград 2022

Сведения о составителе программы:

д.х.н., профессор, академик РАН



И.А. Новаков

Утверждение программы:

протокол заседания кафедры «Аналитическая, физическая химия и физико-химия полимеров» № 1 от 27.01.22

## Список вопросов

1. Классификация и номенклатура мономеров, олигомеров и полимеров.
2. Особенности их химического строения.
3. Основные понятия химии полимеров: полидисперсность, молекулярная масса, степень полимеризации, молекулярно-массовое и молекулярно-численное распределение олигомеров и полимеров.
4. Стереохимия полимеров.
5. Основные признаки разветвленных полимеров и методы синтеза.
6. Конфигурация разветвленных полимеров (на уровнях звена, цепи, присоединения звеньев, присоединения блоков) и конформация.
7. Факторы, определяющие конформационные переходы.
8. Структурная модификация и надмолекулярная структура.
9. Сверхразветвленные полимеры и дендримеры, их синтез и особенности строения.
10. Полисопряженные полимеры и способы их получения.
11. Электронная структура полисопряженных мономеров и полимеров.
12. Влияние способа синтеза на строение полисопряженных полимеров.
13. Химическая и электрохимическая модификация полисопряженных полимеров.
14. Основные представители полисопряженных полимеров: полиацетилен, полидиацетилен, полианилин, полифениленвинилен, политиофен и др.
15. Радикальная полимеризация и ее механизм.
16. Строение мономеров и способность их к полимеризации, методы инициирования.
17. Кинетика радикальной полимеризации и уравнение скорости полимеризации.
18. Влияние различных факторов на молекулярную массу и молекулярно-массовое распределение полимера
19. Понятие о длине кинетической цепи.
20. Ингибиторы и регуляторы радикальной полимеризации. Обратимое ингибирование.
21. Радикальная полимеризация при глубоких степенях превращения. Гель-эффект.
22. Способы проведения радикальной полимеризации: в массе, растворе, твердой фазе, в суспензиях.
23. Эмульсионная полимеризация и ее особенности. Кинетика и механизмы эмульсионной полимеризации.
24. Сополимеризация, ее механизм и основные закономерности.
25. Уравнение состава сополимера. Константы сополимеризации и их физический смысл.

26. Связь строения мономеров с их реакционной способностью. Влияние среды, давления и температуры.
27. Схема Q-e Алфрея и Прайса.
28. Статистические, привитые и блок-сополимеры.
29. Ионная, катионная и анионная, полимеризация. Механизмы процесса.
30. Образование активного центра, рост и обрыв цепи. Скорости элементарных реакций.
31. Реакционная способность мономеров в ионных реакциях.
32. Катализаторы и сокатализаторы.
33. Скорость процессов катионной и анионной полимеризации, влияние среды и температуры на кинетику и полидисперсность образующихся полимеров.
34. Примеры образования "живых" полимерных цепей.
35. Катионная и анионная сополимеризация.
36. Ионно-координационная полимеризация и ее особенности.
37. Катализаторы Циглера-Натта.
38. Ионно-координационная полимеризация на литиевых катализаторах.
39. Металлоценовый катализ, механизм и кинетика реакций.
40. Стереорегулярные полимеры и условия их получения.
41. Механизм стереоспецифической полимеризации.
42. Полиприсоединение.
43. Механизм образования полиуретанов, поликарбамидов и эпоксидных полимеров.
44. Равновесная поликонденсация и ее механизм.
45. Кинетика равновесной поликонденсации.
46. Зависимость молекулярной массы полимера от соотношения исходных мономеров и их функциональности; правило неэквивалентности функциональных групп.
47. Способы проведения равновесной поликонденсации.
48. Неравновесная поликонденсация. Типы неравновесных реакций.
49. Способы проведения неравновесной поликонденсации
50. Закономерности неравновесной поликонденсации.
51. Межфазная поликонденсация. Механизм реакции и ее основные закономерности.
52. Неравновесная поликонденсация в растворе.
53. Совместная поликонденсация и ее характерные особенности в случае равновесной и неравновесной поликонденсации.
54. Трехмерная поликонденсация и ее закономерности
55. Разнозвенность полимеров, получаемых методами поликонденсации.
56. Природные полимеры и их разновидности, методы выделения из природного сырья и идентификации
57. Методы модификации природных полимеров.



58. Основные представители природных полимеров: целлюлоза, хитин, хитозан и их производные.
59. Применение природных полимеров.
60. Химическая модификация полимеров.
61. Основные закономерности модификации полимеров.
62. Реакционная способность функциональных групп макромолекул и низкомолекулярных соединений.
63. Эффекты цепи и соседней группы, конфигурационные и конформационные эффекты.
64. Реакции замещения в полимерной цепи.
65. Влияние условий на кинетические закономерности и строение образующихся полимеров.
66. Композиционная неоднородность.
67. Реакции структурирования полимеров и их особенности.
68. Изменение свойств полимеров в результате структурирования.
69. Межмолекулярные реакции и образование трехмерных сеток.
70. Реакции присоединения, отщепления и изомеризации.
71. Классификация полимерных композиционных материалов и полимерных нанокомпозитов
72. Виды материалов: полимер-полимерные смеси, ПКМ, армированные непрерывными, короткими волокнами и пластинчатыми наполнителями, дисперснонаполненные ПКМ, пенополимеры, многокомпонентные ПКМ.
73. Волокнообразующие полимеры и волоконные полимерные композиты, методы получения и структура.
74. Тип, форма и основные свойства армирующих наполнителей: непрерывные стеклянные, углеродные, борные, органические и др. Волокна, нити, жгуты, ровинги, ленты и ткани; короткие волокна, маты из них; наполнители плоскостной структуры.
75. Физико-химия поверхности наполнителей.
76. Основы технология полимеров и полимерных композиционных материалов.
77. Методы получения наполнителей, их фракционирование и обработка, способы совмещения функциональных ингредиентов и полимерных матриц.
78. Технология переработки полимеров и ПКМ в полупродукты и изделия.
79. Традиционные и новые области применения олигомеров, полимеров, ПКМ и нанокомпозитов при решении научных и технических задач.
80. Типы и свойства матриц (термопластичные и терморезистивные полимеры, полимер-полимерные смеси).
81. Методы получения полимерных композиционных материалов.
82. Межфазные явления на границах раздела полимер-полимер, полимер-твердое тело. Адгезия.

83. Влияние формы, химического и физического состояния поверхности на свойства ПКМ. Аппреты. Методы химической и физической модификации компонентов ПКМ.

84. Нанокompозиты. Типы ингредиентов, материалы и методы, применяемые для получения нанокompозитов.

85. Особенности получения и основные свойства нанокompозитов.

86. Деструкция полимеров и композиционных материалов.

87. Основные виды деструкции: химическая, термическая, термоокислительная, фото- и механическая.

88. Старение полимеров.

89. Стабилизация высокомолекулярных соединений.

90. Кинетика механодеструкции полимеров. Предел механодеструкции и причины его существования.

91. Понятие о стойкости полимеров и композиционных материалов к внешним воздействиям.

92. Основные процессы, протекающие при горении в конденсированной и газовой фазах.

93. Методы снижения и повышения горючести.

94. Основные модели полимерных цепей: свободносочлененная цепь, цепь с фиксированными углами.

95. Характеристики размеров и формы полимерных цепей.

96. Внутреннее вращение и поворотная изомерия. Конфигурация макромолекул.

97. Полимеры с хиральными центрами.

98. Конформация макромолекул и конформационная энергия.

99. Стереорегулярность и микроструктура цепных молекул.

100. Гибкость полимерных цепей и ее характеристики. Термодинамическая и кинетическая гибкость макромолекул.

101. Ближние и дальние взаимодействия.

102. Размеры и формы реальных цепных молекул и их экспериментальное определение.

103. Понятие о статистическом сегменте.

104. Характер взаимодействия в растворах полимеров.

105. Термодинамика растворов полимеров.

106. Теория Флори-Хаггинса.  $\theta$ -температура.

107. Объемные эффекты.

108. Концентрированные растворы полимеров.

109. Фазовые диаграммы полимер-растворитель.

110. Гидродинамические свойства макромолекул в растворе.

111. Диффузия макромолекул в растворе.

112. Методы фракционирования полимеров.

113. Растворы полиэлектролитов.

114. Полимеры как матрицы для твердых электролитов.

115. Иономеры.



116. Стеклообразное, высокоэластическое и вязкотекучее состояния полимеров.
117. Аморфные и кристаллические полимеры.
118. Фазовые переходы, механизм кристаллизации и плавления кристаллов.
119. Влияние структуры и внешних воздействий на фазовые переходы.
120. Современные представления об аморфном состоянии и структуре стеклообразных полимеров.
121. Стеклование полимеров и методы его определения.
122. Теории стеклования.
123. Явление вынужденной эластичности.
124. Природа больших деформаций и деформаций в области криогенных температур.
125. Основные свойства высокоэластического состояния полимеров.
126. Статистическая теория деформации макромолекул.
127. Сеточная теория высокоэластичности.
128. Основное уравнение кинетической теории высокоэластичности.
129. Термодинамика деформации эластомеров.
130. Термоупругая инверсия.
131. Тепловые эффекты при деформации.
132. Кристаллизация эластомеров при деформации.
133. Закономерности течения расплавов полимеров, кривые течения, закон течения, механизм течения.
134. Энергия и энтропия вязкого течения, их зависимость от параметров молекулярной структуры и от напряжения сдвига.
135. Зависимость теплоты активации от температуры.
136. Ньютоновская вязкость, методы определения и зависимость от молекулярной структуры и молекулярной массы полимера, температуры.
137. Уравнение Вильямса-Ландела-Ферри.
138. Прочностные характеристики расплавов.
139. Условия образования кристаллического состояния в полимерах.
140. Основные типы кристаллических структур макромолекул.
141. Упаковка цепных молекул в кристаллах.
142. Морфология кристаллических полимеров. Ламеллярные кристаллы. Сферолиты. Кристаллы с выпрямленными цепями.
143. Степень кристалличности и методы ее определения. Дефекты полимерных кристаллов и их природа. Полимерные монокристаллы.
144. Кристаллизация и плавление полимеров, методы исследования.
145. Кристаллизация из разбавленных растворов и расплавов.
146. Зародышеобразование и рост. Кинетическая теория кристаллизации. Первичная и вторичная кристаллизация. Частичное плавление и рекристаллизация.
147. Отжиг полимеров.

148. Особенности кристаллизации полимеров в полимерных композитах.

149. Ближний и дальний порядок в жидкокристаллическом состоянии полимеров

150. Типы симметрии в жидкокристаллических полимерах.

151. Мезоморфные состояния в жидкокристаллических полимерах.

152. Области применения жидкокристаллических полимеров.

153. Особенности ориентированного состояния полимеров.

154. Строение и свойства ориентированных полимеров.

155. Структурные модели. Основные методы ориентации полимеров и методы оценки.

156. Моделирование молекулярной и надмолекулярной структур олигомеров, полимеров и сополимеров в растворах, расплавах и полимерных твердых тел в аморфном, полукристаллическом кристаллическом состояниях.

157. Моделирование процессов, протекающих на стадии образования макромолекул.

158. Модельные представления о смесях полимеров и полимеров с введенными в их состав функциональными ингредиентами.

159. Релаксационный характер процессов деформации.

160. Гистерезисные процессы.

161. Ползучесть и релаксация напряжения.

162. Принцип суперпозиции.

163. Спектр времен релаксации и запаздывания.

164. Динамические свойства полимеров: комплексный модуль и комплексная податливость. Соотношение между комплексным и релаксационным модулями.

165. Линейная вязкоупругость. Принцип температурно-временной эквивалентности.

166. Напряжение, деформация и упругость.

167. Деформационные свойства. Обобщенная форма закона Гука, измерение модулей упругости.

168. Идеальное пластическое тело, процесс развития пластических деформаций

169. Влияние гидростатического давления, температуры и скорости деформации на предел текучести.

170. Межатомное взаимодействие в полимерах. Динамика и энергетика растяжения отдельной межатомной связи и цепной макромолекулы.

171. Понятие о теоретической прочности полимеров. Основные теории прочности: Орована, Гриффитса, термофлуктуационная, релаксационная.

172. Долговечность. Кинетическая теория разрушения. Особенности разрушения твердых полимеров и эластомеров.



173. Механизм пластического и хрупкого разрушения. Образование микротрещин. Распространение трещин. Статическая и динамическая усталость.

174. Линейные и нелинейные эффекты в полимерах и полимерных композитах.

175. Сенсоры на основе полимеров и ПКМ.

176. Электрические свойства полимеров-диэлектриков и полимеров-проводников.

177. Диэлектрическая поляризация и дипольные моменты полимеров.

178. Диэлектрическая проницаемость и диэлектрические потери, электрическая прочность полимеров и ПКМ.

179. Электризация полимеров и электрический пробой.

180. Допирование полисопряженных полимеров: синтетические металлы и методы их получения. Электрические и оптические свойства полисопряженных полимеров.

181. Перспективы использования полисопряженных полимеров для создания полимерной электроники, включающей высокопроводящие, полевые, электролюминесцентные, нелинейно-оптические элементы и устройства.

182. Магнетосопротивление полимеров и ПКМ. ПКМ с высокими и низкими значениями комплексной диэлектрической и магнитной проницаемостей, связь между составом и структурой, методы определения.

183. Оптические свойства полимеров: коэффициент светопропускания, спектральный коэффициент пропускания, светостойкость, светорассеяние, показатель преломления и оптический коэффициент напряжения и оптическая нетермостойкость. Факторы, определяющие уровень этих показателей.

184. Старение оптических полимеров.

185. Плотность полимеров.

186. Особенности теплового расширения полимеров. Теплоемкость.

187. Теплопроводность и температуропроводность полимеров и ПКМ.

188. Модели транспортных процессов.

189. Влияние основных параметров полимеров и других ингредиентов ПКМ на их теплофизические свойства.

190. Особенности трения полимеров. Природа и механизм трения.

191. Закон трения, влияние времени контакта, скорости скольжения и температуры. Износ полимеров. Связь явлений трения и износа.

192. Усталостный износ, абразивный износ, общие закономерности, влияние внешних факторов.

193. Газопроницаемость полимеров.

194. Диффузия в полимерах.

195. Сорбция газов и паров.

196. Ионный обмен.

197. Селективная проницаемость полимерных материалов, методы определения.

198. Термодинамика совместимости полимеров. Фазовая структура и морфология.
199. Микромеханика смесей полимеров.
200. Деформация и разрушение твердых тел на основе полимерных смесей.
201. Межфазные явления на границах раздела полимер-полимер, полимер-твердое тело. Адгезия.
202. Термодинамика взаимодействия компонент в полимерных смесях и ПКМ. Структура и свойства межфазных слоев.
203. Прочность, вязкость разрушения, усталостная выносливость полимеров.
204. Упругие и вязкоупругие свойства ПКМ.
205. Модели, описывающие зависимость модуля упругости ПКМ от характеристик компонентов.
206. Тепловое расширение, тепло- и электропроводность ПКМ.
207. Особенности зависимостей физических свойств ПКМ от типа наполнителя и распределения наполнителей в композиционном материале.
208. Наполнители с нанометровым размерным размером частиц.
209. Структура и свойства нанокompозитов.
210. Нанокompозиты с новыми оптическими, электронными, магнитными, электрическими и др. функциями с применением углеродных нанотрубок, фуллеренов, металлов и оксидов металлов.
211. Применение полимеров и ПКМ в функциональных и интеллектуальных (smart) структурах.
212. Полимерные материалы, применяемые для получения функциональных и интеллектуальных: связь между их компоновкой, внешними воздействиями и откликом.
213. Сенситивные и адаптивные структуры и полимерные материалы для них.
214. Термо – и фотохромные, химотронные, тензочувствительные и др. материалы для интеллектуальных структур.
215. Особенности применения физических методов для изучения структуры и свойств олигомеров, полимеров, полимерных материалов и полимерных композитов.
216. Методы обработки экспериментальных данных: и определение достоверности полученных результатов: доверительный интервал, относительная и абсолютная погрешности измерений.
217. Методы исследования структуры макромолекул в растворе (вискозиметрия, светорассеяние, седиментация, двойное лучепреломление).
218. Спектрометрические методы исследования полимеров: ИК, МНПВО, КР. Специфика методов и задачи, решаемые с их применением.
219. Флуоресцентный анализ полимеров.
220. Электронный и ядерный парамагнитный резонансы. Сущность методов, аппаратура, области применения. Метод спиновой метки. ЯМР высокого и низкого разрешения.



221. Дилатометрия. Дифференциальный термический анализ. Калориметрические методы.
222. Масс-спектрометрия. Сущность метода, аппаратура, области применения. Время-пролетная масс-спектрометрия.
223. Рентгеноструктурный анализ полимеров. Изучение размеров и ориентации упорядоченных областей кристаллических полимеров. Большие периоды в полимерах. Специфика исследования смесей полимеров и ПКМ.
224. Оптическая и электронная микроскопия.
225. Термомеханический метод.
226. Неразрушающие методы исследования ПКМ.
227. Диэлектрическая и механическая спектроскопия.
228. Электрофизические методы исследования свойств полимеров и ПКМ.
229. Туннельная микроскопия.
230. Полярография и другие электрохимические методы.
231. Транспортные методы для исследования полимеров. Обратная и гель-проникающая хроматография.
232. Особенности методов исследования нанокompозитов и их ингредиентов.

### **Основная литература, необходимая для НИ аспиранта**

1. Кленин, В.И. Высокомолекулярные соединения [Электронный ресурс] : учеб. / В.И. Кленин, И.В. Федусенко. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 512 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5842>
2. Семчиков, Ю.Д. Введение в химию полимеров [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю.Д. Семчиков, С.Ф. Жильцов, С.Д. Зайцев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4036>
3. Каллистер, У. Материаловедение: от технологии к применению (металлы, керамики, полимеры) [Электронный ресурс] : учеб. / У. Каллистер, Д. Ретвич. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НОТ, 2011. — 896 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4290>
4. Горение, деструкция и стабилизация полимеров [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НОТ, 2008. — 422 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4307>
5. Физические и химические процессы при переработке полимеров [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М.Л. Кербер [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НОТ, 2013. — 314 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/35861>
6. Киреев, В. В. Высокомолекулярные соединения [Текст] : учеб. для бакалавров / В. В. Киреев. - М. : Юрайт, 2013. - 602 с.
7. Кулезнев, В.Н. Смес и сплавы полимеров (конспект лекций) [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-



- Петербург : НОТ, 2013. — 216 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/35864>
8. Компаундирование полимеров методом двухшнековой экструзии [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.И. Вольфсон [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НОТ, 2014. — 184 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/55362>
  9. Кленин, В. И. Высокомолекулярные соединения [Текст] : учебник / В. И. Кленин, И. В. Федусенко. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 508 с.
  10. Семчиков, Ю. Д. Высокомолекулярные соединения [Текст] : учебник / Ю. Д. Семчиков. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2010. - 366, [1] с.
  11. Королев, Г. В. Трехмерная радикальная полимеризация. Сетчатые и гиперразветвленные полимеры [Текст] / Г. В. Королев, М. М. Могилевич. - СПб. : ХИМИЗДАТ, 2006. - 342, [1] с. - ISBN 5-93808-121-1.
  12. Кулезнев, В. Н. Смеси и сплавы полимеров: конспект лекций / В. Н. Кулезнев. - Санкт-Петербург : НОТ, 2013. - 214 с.
  13. Биоразлагаемые полимерные смеси и композиты из возобновляемых источников [Текст] / под ред. Лонг Ю ; пер. с англ. под ред. В. Н. Кулезнева. - Санкт-Петербург : НОТ, 2014. - 462 с.
  14. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология [Текст] / под ред. А. А. Берлина. - СПб. : Профессия, 2008. - 558 с.
  15. Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология [Текст] / С. Л. Баженов [и др.]. - Долгопрудный : ИД "Интеллект", 2010. - 347 с.
  16. Михайлин, Ю. А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы [Текст] / Ю. А. Михайлин. - СПб. : Профессия, 2006. - 623 с.
  17. Шевченко, А. А. Физикохимия и механика композиционных материалов [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов / А. А. Шевченко. - СПб. : Профессия, 2010. - 223 с.
  18. Каучук и резина. Наука и технология [Текст] : монография / под ред. Дж. Марка, Б. Эрмана, Ф. Эйрича ; пер. с англ. под ред. А. А. Берлина, Ю. Л. Морозова. - Долгопрудный : ИД "Интеллект", 2011. - 767 с.
  19. Технология полимерных материалов [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов / А. Ф. Николаев [и др. ] ; под ред. В. К. Крыжановского. - СПб. : Профессия, 2008. - 533 с.
  20. Цвайфель, Х. Добавки к полимерам [Текст] : справочник / Х. Цвайфель, Р. Д. Маер, М. Шиллер ; пер. с англ. В. Д. Узденского, А. О. Григорова. - 6-е изд. - СПб. : Профессия, 2010. - 1138 с.
  21. Тагер, А. А. Физико-химия полимеров [Текст] / А. А. Тагер ; под ред. А. А. Аскадского. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Науч. мир, 2007. - 576 с.

22. Гросберг, А. Ю. Полимеры и биополимеры с точки зрения физики [Текст] / А. Ю. Гросберг, А. Р. Хохлов ; пер. с англ. А. А. Аэрова. - Долгопрудный : ИД "Интеллект", 2010. - 303 с.
23. Аскадский, А. А. Введение в физико-химию полимеров [Текст] / А. А. Аскадский, А. Р. Хохлов. - М. : Научный мир, 2009. - 380 с.
24. Рамбиди, Н. Г. Структура полимеров-от молекул до наноансамблей [Текст] : учеб. пособие / Н. Г. Рамбиди. - Долгопрудный : ИД "Интеллект", 2009. - 263 с.
25. Кулезнев, В. Н. Химия и физика полимеров [Текст] : учеб. для студ. вузов / В. Н. Кулезнев, В. А. Шершнева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : КолосС, 2007. - 336, [1] с.
26. Михайлин, Ю. А. Конструкционные полимерные композиционные материалы [Текст] / Ю. А. Михайлин. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Научные основы и технологии, 2010. - 820 с.