

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от

**Рабочая программа дисциплины**

**КИНЕТИКА И МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ  
МАКРОМОЛЕКУЛ**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

**бакалавриат**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

**04.03.01 «Химия»**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

**Химия и материаловедение**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

**очная, очно-заочная**

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022 год

## Лист актуализации

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры высокомолекулярных соединений и коллоидной химии

Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Зайцев С.Д.

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры высокомолекулярных соединений и коллоидной химии

Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Зайцев С.Д.

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры

Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2025 учебном году на заседании кафедры

Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Кинетика и механизм образования макромолекул» относится к обязательным дисциплинам вариативной части Блока 1 ОПОП по направлению подготовки 04.03.01 «Химия» (Б1.В.03.ДВ.01.06), является обязательной для освоения студентами очной формы обучения на четвертом году обучения в седьмом семестре и для очно-заочной формы обучения в девятом семестре.

Для освоения данной дисциплины студентам необходимо обладать базовыми знаниями по следующим разделам химии: «Высокомолекулярные соединения», «Органическая химия», «Физическая химия».

Дисциплина «Кинетика и механизм образования макромолекул» является основой для последующего изучения дисциплин магистратуры «Современные полимерные материалы», «Псевдоживая радикальная полимеризация», «Современные методы переработки термопластов». Освоение данной дисциплины также необходимо как предшествующее при дальнейшей практической деятельности в рамках выполнения квалификационных работ.

Курс отвечает основным требованиям в плане решения задачи по совершенствованию обучения в высшей школе. Этот курс дает широкие знания фундаментальных положений науки, которые необходимы как для непосредственной работы по специальности, так и для понимания главных направлений химической науки и ее развития.

**Целью дисциплины** является овладение фундаментальными теоретическими знаниями и методами практических навыков в области синтеза (со)полимеров по радикальному механизму, приемами управления радикальными процессами.

**Задачами дисциплины** являются:

- формирование базовых знаний о фундаментальных основах и закономерностях классической теории радикальной (со)полимеризации в рамках модели концевой и предконцевой звена;
- изучение связи строения мономеров с их реакционной способностью;
- изучение влияния термодинамических свойств реакционных сред на концентрационные эффекты в сополимеризации и проявление последних в синтезе и свойствах (со)полимеров;
- изучение закономерностей комплексно-радикальной (со)полимеризации;
- изучение основ «псевдоживой» радикальной (со)полимеризации;
- изучение современных тенденции в синтезе (со)полимеров.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	

<p><b>ПК-1-н</b> Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации</p>	<p><b>ПК-1-н-1.</b> Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР</p>	<p><i>Владеть основами номенклатуры и классификации полимеров; методами оценки гибкости макромолекул; методами оценки и расчета термодинамических параметров растворов полимеров; методами оценки кинетических и термодинамических параметров полимеризации; методами оценки фазовых и физических состояний полимеров</i></p> <p><i>Уметь идентифицировать полимеры по химической формуле и пространственной форме; проводить анализ характера взаимодействия полимер-растворитель; определять тип полимеризации и проводить полимеризацию в различных условиях; устанавливать взаимосвязь кинетических параметров с молекулярной массой образующихся полимеров; оценивать механические свойства полимера</i></p> <p><i>Знать задачи и объекты исследования науки о полимерах, ее междисциплинарных связях; основы науки о полимерах и области ее практического использования, иметь современные представления о полимерном состоянии как особой форме существования веществ, в основных физических и химических проявлениях, качественно отличных от низкомолекулярных веществ; принципы классификации и основные особенности свойств полимеров; особенности молекулярного строения полимеров, механизмы изгибания полимерных молекул и количественные критерии оценки гибкости макромолекул; основные процессы полимеризации и поликонденсации; реакции, протекающие в полимерах; природу мезоморфного строения и особенности кристаллического состояния полимеров</i></p>	<p>Устный опрос, контрольная работа, экзамен</p>
---	--	--	--

	<p><b>ПК-1-н-2.</b> Готовит объекты исследования</p>	<p><i>Владеть практическими навыками синтеза, модификации, исследования физико-химических свойств и структуры полимеров; методами математического планирования экспериментов и обработки полученных результатов</i></p> <p><i>Уметь анализировать современные тенденции и проблемы в синтезе сополимеров заданной архитектуры: чередующихся, привитых, блок-сополимеров; анализировать влияние неоднородности по составу сополимера на оптические, структурные и физико-механические свойства</i></p> <p><i>Знать основные инициаторы радикальной полимеризации; инициаторы, применяемые в промышленности, рабочий интервал температурных границ различных иницирующих систем; закономерности радикальной (со)полимеризации, зависимость скорости процесса от концентрации инициатора, мономера, температуры, основные приемы управления молекулярной массой полимеров, владеть понятием композиционной неоднородности сополимеров как одного из факторов, определяющих свойства продуктов; влияние строения мономеров на состав сополимера при бинарной сополимеризации, физических факторов (избирательной сольватации) на состав сополимера, приемы управления составом сополимера и неоднородностью по составу.</i></p>	
--	--	---	--

<p><b>ПК-2-н</b> Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы</p>	<p><b>ПК-2-н-1.</b> Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных).</p>	<p><i>Владеть навыками поиска, обобщения, структуризации информации с использованием информационно-коммуникационных технологий.</i></p> <p><i>Уметь проводить отбор необходимых источников, их анализ и структуризацию информации.</i></p> <p><i>Знать основные принципы поиска, обобщения и анализа информации в области химии полимеров.</i></p>	<p>Устный опрос, контрольная работа, экзамен</p>
<p><b>ПК-3-н</b> Способен осуществлять контроль качества веществ и материалов</p>	<p><b>ПК-3-н-1.</b> Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики веществ и материалов.</p>	<p><i>Владеть методами хроматографического анализа состава мономерной смеси, бромид-броматным методом анализа содержания остаточного мономера, методами потенциометрического титрования, ИК-спектроскопии определения состава сополимера; современными технологиями получения полимеров и сополимеров различной молекулярной архитектуры методами псевдоживой радикальной полимеризации; методами вискозиметрии и гель-проникающей хроматографии определения молекулярной массы полимеров и сополимеров; навыками работы на современных приборах по определению физико-механических и оптических свойств полимеров и композитов на их основе.</i></p> <p><i>Уметь на основании относительных активностей рассчитывать состав мономерной смеси для получения сополимера требуемого состава; на основании конверсионных кривых изменения среднего и мгновенного состава сополимера определять конверсию, отвечающей началу дозировки более активного мономера, и оптимизировать условия процесса при получении композиционно однородного продукта; синтезировать (со)полимеры и получать композиционные полимерные материалы, в том числе с наночастицами, на основе синтетических и природных полимеров; методами ротационной вискозиметрии исследовать особенности поведения растворов полимеров; анализировать результаты хроматомасс-спектрометрических исследований разложения полимера.</i></p>	<p>Устный опрос, контрольная работа, экзамен</p>

		<i>Знать методы получения полимеров реакциями полимеризации и поликонденсации</i>	
	<b>ПК-3-н-2.</b> Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	<p><i>Владеть практическими навыками синтеза, модификации, исследования физико-химических свойств и структуры полимеров; методами математического планирования экспериментов и обработки полученных результатов.</i></p> <p><i>Уметь анализировать современные тенденции и проблемы в синтезе сополимеров заданной архитектуры: чередующихся, привитых, блок-сополимеров; анализировать влияние неоднородности по составу сополимера на оптические, структурные и физико-механические свойства</i></p> <p><i>Знать основные инициаторы радикальной полимеризации; инициаторы, применяемые в промышленности, рабочий интервал температурных границ различных иницирующих систем; закономерности радикальной (со)полимеризации, зависимость скорости процесса от концентрации инициатора, мономера, температуры, основные приемы управления молекулярной массой полимеров, владеть понятием композиционной неоднородности сополимеров как одного из факторов, определяющих свойства продуктов; влияние строения мономеров на состав сополимера при бинарной сополимеризации, физических факторов (избирательной сольватации) на состав сополимера, приемы управления составом сополимера и неоднородностью по составу.</i></p>	Устный опрос, контрольная работа, экзамен
<b>ПК-1-т</b> Способен выбирать технические средства и методы испытаний для	<b>ПК-1-т-1.</b> Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИОКР	<p><i>Владеть современной базой технологических решений</i></p> <p><i>Уметь применять новые или усовершенствованные процессы для выполнения производственных и научных задач</i></p>	Устный опрос, контрольная работа, экзамен

решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации		<i>Знать: основные тенденции и направления совершенствования технологических процессов</i>	
---	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>	<b>очно-заочная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>10 ЗЕТ</b>	<b>10 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>360</b>	<b>360</b>
<b>в том числе</b>		
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>		
- занятия лекционного типа	<b>64</b>	<b>64</b>
- занятия семинарского типа	<b>67</b>	<b>34</b>
- лабораторные	<b>96</b>	<b>32</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>97</b>	<b>194</b>
<b>Промежуточная аттестация – экзамен</b>	<b>36</b>	<b>36</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)		в том числе									
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы								Самостоятельная работа обучающегося, часы	
			из них									
	Очная	Очно-заочная	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа		Занятия лабораторного типа		Всего		Очная	Очно-заочная
Очная			Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная	Очная	Очно-заочная			
Радикальная сополимеризация. Модель концевго звена	83	98	16	16	19	10	32	12	51	38	32	60
Модель предконцевого звена в радикальной сополимеризации	26	34	8	8	8	6	-	-	16	14	10	20
Концентрационные эффекты селективной сольватации растущих цепей мономерами. Bootstrap модель сополимеризации	52	66	16	16	16	10	-	-	32	26	20	40
Комплексно-радикальная (со)полимеризация	84	72	16	16	16	6	32	10	64	32	20	40
Радикальная полимеризация в режиме «живых» цепей	63	54	8	8	8	2	32	10	48	20	15	34
Промежуточная аттестация – Экзамен	36	36										
Итого	360	360	64	64	67	34	96	32	227	130	97	194

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа и в рамках лабораторных занятий.

Промежуточная аттестация проходит в виде комплексного экзамена в устной форме в виде ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой),

решении практических задач и последующим собеседованием в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

### **3.2.1. Радикальная сополимеризация. Модель концевго звена**

Кинетическая схема. Состав сополимера. Дифференциальное уравнение состава сополимера. Статистический и кинетический методы вывода уравнения. Кривые состава сополимера. Константы сополимеризации. Анализ существующих методов определения  $r_1$  и  $r_2$ . Статистическая, азеотропная, чередующаяся сополимеризация.

Распределение сополимера по составу. Мгновенная неоднородность по составу. Причины. Конверсионная неоднородность. Уравнения Мейера-Лоури, Крузе. Интегральные и дифференциальные кривые распределения по составу (ИКРС и ДКРС). Экспериментальное и теоретическое построение ИКРС и ДКРС.

Микроструктура цепей сополимера. Метод Алфрея-Голдфингера. Метод Харвуда. Экспериментальное изучение микроструктуры.

Связь строения мономеров и радикалов с их реакционной способностью. Стерический, полярный, резонансный факторы реакционной способности. Корреляционные соотношения. Схема Q-e. Схема Бемфорда-Дженкинса. Квантово-химические расчеты параметров реакционной способности.

Скорость сополимеризации. Уравнения Мелвилла, Норта, Абкина. Развитие теории диффузионного контроля обрыва цепи.

### **3.2.2. Модель концевго звена в радикальной сополимеризации**

Кинетическая схема. Состав и микроструктура сополимера. Явные эффекты предконцевго звена. Вывод уравнения состава сополимера. Константы сополимеризации. Скорость сополимеризации. Неявные эффекты предконцевго звена. Системы модели. Соплимеризация малеинового ангидрида, акрилонитрила, донорно-акцепторных комплексов акрилатов с  $\text{MX}_n$ . Модельные эксперименты на низкомолекулярных радикалах.

### **3.2.3. Концентрационные эффекты селективной сольватации растущих цепей мономерами. Bootstrap модель сополимеризации**

Термодинамические критерии возникновения концентрационных эффектов селективной сольватации. Избыточная свободная функция Гиббса смешения мономеров. Параметры растворимости Гильдебранда. Вторые вириальные коэффициенты  $A_2$  реакционных растворов.

Прямые измерения абсолютных коэффициентов селективной сольватации ( $\lambda$ ) методами равновесного диализа. Соплимеризация в массе. Соплимеризация в растворителе. Инверсия знака  $\lambda$  – ММ для растворов сополимеров в мономерных смесях. Связь явлений селективной сольватации и соразстворимости.

Кинетические эффекты селективной сольватации. Фундаментальные зависимости: зависимость состава сополимера – ММ при сополимеризации в массе. Производные эффекты: зависимость состава сополимера,  $r_1$ ,  $r_2$  от концентрации инициатора и передатчика цепи, градиентная меж- и внутримолекулярная неоднородность макромолекул.

Модель и количественная теория сополимеризации, учитывающие концентрационные (мономерные) эффекты селективной сольватации. Коэффициенты распределения мономеров как отношение средних по объему (задаваемых) и локальных (в реакционной клетке) относительных концентраций мономеров. Соотношение между истинными и эффективными величинами относительных активностей мономеров. Третья составляющая неоднородности по составу сополимеров (градиентная).

### **3.2.4. Комплексно-радикальная сополимеризация**

Эффекты водородной связи по отношению к составу и микроструктуре сополимеров. Классификация эффектов по принципам: возмущение электронной системы мономеров – эффекты растворителя; - отсутствие возмущения – эффекты избирательной сольватации.

(Со)полимеризация ионогенных мономеров. Роль pH среды. Ионные пары на концах растущих цепей. Ионосодержащие комплексы в реакционной системе.

Сополимеризация электроноакцепторных мономеров в присутствии кислот Льюиса. Выражение для эффективных величин  $r_1$ ,  $r_2$ . Стереохимический аспект.

Чередующаяся сополимеризация. Гипотеза Уоллинга о переносе электронов между радикалом роста и мономером. Модель сомономерного комплекса. Модель диссоциации комплекса. Дискриминация моделей. Метод ЭПР в диагностике моделей. Метод спиновой ловушки.

Влияние температуры, давления и гетерофазности на сополимеризацию. Правило Брандрупа при гетерофазной сополимеризации. Новый механизм влияния температуры на величины  $r_1$ ,  $r_2$ , вытекающий из термодинамики мономерных смесей и эффектов избирательной сольватации.

### **3.2.5. Радикальная полимеризация в режиме «живых» цепей**

Полимеризация с обратимым ингибированием стабильными радикалами по механизму – диссоциация-рекомбинация (SFRP). Исторический аспект. Исследования Б.Р.Смирнова. Полимеризация в присутствии инициаторов. Кинетика и механизм псевдоживой полимеризации в присутствии стабильных радикалов. Иницирование процесса с использованием инициаторов радикальной полимеризации и алкоксиаминов. Преимущества и недостатки метода SFRP. Практическое применение метода SFRP. Макромолекулярный дизайн.

Псевдоживая радикальная полимеризация с переносом атома (ATRP). Механизм полимеризации. Реакция Хараши. Компоненты каталитической системы на основе галогенидов переходных металлов (мономер, инициатор, лиганд). Кинетика полимеризации, катализируемой комплексами меди (I). Прямое и обратное иницирование ATRP полимеризации. Ограничения метода ATRP полимеризации.

Полимеризация в условиях обратимой передачи цепи по механизму присоединения-фрагментации (ОПЦ-полимеризация). История открытия процесса. Общий механизм полимеризации с обратимой передачей цепи. Агенты ОПЦ-полимеризации (дитиобензоаты, тритиокарбонаты, дитиокарбаматы, ксантаты). Эффективность агентов ОПЦ-полимеризации. Роль уходящей и стабилизирующей групп. Кинетические особенности ОПЦ-полимеризации стирола и метилметакрилата. Современные направления в исследовании ОПЦ-полимеризации. Особенности ОПЦ-сополимеризации. Использование методов псевдоживой радикальной полимеризации в макромолекулярном дизайне.

### **3.2.6. Лабораторный практикум**

В рамках лабораторных занятий студенты выполняют следующие лабораторные работы: Определение относительных активностей мономеров, Влияние среды на радикальную (со)полимеризацию, Псевдоживая радикальная полимеризация, Изучение молекулярно-массовых характеристик полимеров методом гель-проникающей хроматографии.

## **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов включает работу в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях) и в домашних условиях, с доступом к ресурсам Интернет для подготовки к собеседованию и контрольным работам.

К формам текущего контроля успеваемости дисциплины относится следующее:

- Собеседование
- Контрольная работа
- Проверка отчетов по темам лабораторных занятий
- Коллоквиум

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме **экзамена**.

К экзамену в 7-ом семестре очной формы обучения и 9-ом семестре очно-заочной формы обучения допускаются обучающиеся, выполнившие все отчеты по темам лабораторных занятий.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 6.2.

**5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:**

**5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине**

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

				недочетами.		объеме.	
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

При изучении дисциплины «Кинетика и механизм образования макромолекул» студенты получают следующие знания, умения и владения в рамках освоения компетенции

**ПК-1-н:** Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации

**ПК-1-н-1.** Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР.

**ПК-1-н-2** Готовит объекты исследования.

**ПК-1-н-3.** Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР.

**ПК-2-н:** Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы

**ПК-2-н-1.** Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных).

**ПК-3-н:** Способен осуществлять контроль качества веществ и материалов

**ПК-3-н-1.** Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики веществ и материалов.

**ПК-3-н-2.** Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов.

**ПК-1-т:** Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации

**ПК-1-т-1.** Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИОКР

Промежуточный контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде комплексного экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;

- уровень понимания студентами изученного материала;
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен в 7 семестре для очной формы обучения и в 9-ом семестре для очно-заочной формы проводится в устной форме в виде ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой), решении практических задач и последующим собеседованием в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ

**Для проведения промежуточного контроля сформированности компетенции используется ответ по билету на экзамене.**

#### **Шкала оценки при промежуточной аттестации**

<b>Оценка</b>		<b>Уровень подготовки</b>
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

**6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.**

### 6.2.1 Контрольные вопросы

вопросы	Код формируемой компетенции
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кинетическая схема радикальной сополимеризации. Состав сополимера. Дифференциальное уравнение состава сополимера. Статистический и кинетический методы вывода уравнения.</li> <li>2. Кривые состава сополимера. Константы сополимеризации. Анализ существующих методов определения <math>r_1</math> и <math>r_2</math>.</li> <li>3. Статистическая, азеотропная, чередующаяся сополимеризация.</li> <li>4. Распределение сополимера по составу. Мгновенная неоднородность по составу. Причины.</li> <li>5. Конверсионная неоднородность. Уравнения Мейера-Лоури, Крузе.</li> <li>6. Приемы получения композиционно-однородных сополимеров.</li> <li>7. Интегральные и дифференциальные кривые распределения по составу (ИКРС и ДКРС). Экспериментальное и теоретическое построение ИКРС и ДКРС.</li> <li>8. Микроструктура цепей сополимера. Метод Алфрея-Голдфингера. Метод Харвуда. Экспериментальное изучение микроструктуры.</li> <li>9. Связь строения мономеров и радикалов с их реакционной способностью. Стерический, полярный, резонансный факторы реакционной способности. Корреляционные соотношения.</li> <li>10. Схема Q-e. Схема Бемфорда-Дженкинса. Квантово-химические расчеты параметров реакционной способности.</li> <li>11. Скорость сополимеризации. Уравнения Мелвилла, Норта, Абкина. Развитие теории диффузионного контроля обрыва цепи.</li> <li>12. Модель концевго звена в радикальной сополимеризации. Кинетическая схема.</li> <li>13. Состав и микроструктура сополимера в рамках модели предконцевого звена. Явные эффекты предконцевого звена. Вывод уравнения состава сополимера.</li> <li>14. Константы сополимеризации в рамках модели предконцевого звена.</li> <li>15. Скорость сополимеризации. Неявные эффекты предконцевого звена. Системы модели.</li> <li>16. Соплимеризация малеинового ангидрида, акрилонитрила, донорно-акцепторных комплексов акрилатов с <math>\text{MX}_n</math>. Модельные эксперименты на низкомолекулярных радикалах.</li> <li>17. Термодинамические критерии возникновения концентрационных эффектов селективной сольватации. Избыточная свободная функция Гиббса смешения мономеров.</li> <li>18. Параметры растворимости Гильдебранда. Вторые вириальные коэффициенты <math>A_2</math> реакционных растворов.</li> <li>19. Эффекты избирательной сольватации в радикальной сополимеризации в массе и растворителе. Инверсия знака <math>\lambda</math> –</li> </ol>	<p><b>ПК-1-н</b></p>

ММ для растворов сополимеров в мономерных смесях. Связь явлений селективной сольватации и сорастворимости.

20. Кинетические эффекты селективной сольватации. Фундаментальные зависимости: зависимость состава сополимера – ММ при сополимеризации в массе. Производные эффекты: зависимость состава сополимера,  $r_1$ ,  $r_2$  от концентрации инициатора и передатчика цепи, градиентная меж- и внутримолекулярная неоднородность макромолекул.

21. Модель и количественная теория сополимеризации, учитывающие концентрационные (мономерные) эффекты селективной сольватации.

22. Эффекты водородной связи по отношению к составу и микроструктуре сополимеров. Классификация эффектов по принципам: возмущение электронной системы мономеров – эффекты растворителя; - отсутствие возмущения – эффекты избирательной сольватации.

23. (Со)полимеризация ионогенных мономеров. Роль pH среды. Ионные пары на концах растущих цепей. Ионосодержащие комплексы в реакционной системе.

24. Сополимеризация электроноакцепторных мономеров в присутствии кислот Льюиса. Выражение для эффективных величин  $r_1$ ,  $r_2$ . Стереохимический аспект.

25. Чередующаяся сополимеризация. Гипотеза Уоллинга о переносе электронов между радикалом роста и мономером. Модель сомономерного комплекса.

26. Чередующаяся сополимеризация Модель диссоциации комплекса. Дискриминация моделей. Метод ЭПР в диагностике моделей. Метод спиновой ловушки.

27. Влияние температуры, давления и гетерофазности на сополимеризацию. Правило Брандрупа при гетерофазной сополимеризации.

28. Псевдоживая радикальная полимеризация. История возникновения и развитие данного научного направления.

29. Общая классификация механизмов псевдоживой радикальной полимеризации.

30. Полимеризация стирола, инициированная алкоксиаминами. Кинетические закономерности процесса. Роль побочных реакций при полимеризации с обратимым ингибированием.

31. Кинетика и механизм полимеризации, инициированной "радикальными" инициаторами, в присутствии нитроксильных радикалов.

32. Полимеризация виниловых мономеров в присутствии нитроксильных радикалов, образующихся непосредственно в полимеризационной системе. Кинетика ATRP, катализируемая комплексами меди (I).

33. Роль различных компонентов в ATRP (мономер, инициаторы, переходные металлы, лиганды).

34. Понятие об эффективности ОПЦ-агента. Образование радикальных интермедиатов при ОПЦ-полимеризации.

35. Использование псевдоживой радикальной полимеризации в макромолекулярном дизайне.

36. Перспективы применения псевдоживой радикальной полимеризации в промышленных условиях.	
---	--

### 6.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенций ПК-1-н:

<i>вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
<p>37. Кинетическая схема радикальной сополимеризации. Состав сополимера. Дифференциальное уравнение состава сополимера. Статистический и кинетический методы вывода уравнения.</p> <p>38. Кривые состава сополимера. Константы сополимеризации. Анализ существующих методов определения <math>r_1</math> и <math>r_2</math>.</p> <p>39. Статистическая, азеотропная, чередующаяся сополимеризация.</p> <p>40. Распределение сополимера по составу. Мгновенная неоднородность по составу. Причины.</p> <p>41. Конверсионная неоднородность. Уравнения Мейера-Лоури, Крузе.</p> <p>42. Приемы получения композиционно-однородных сополимеров.</p> <p>43. Интегральные и дифференциальные кривые распределения по составу (ИКРС и ДКРС). Экспериментальное и теоретическое построение ИКРС и ДКРС.</p> <p>44. Микроструктура цепей сополимера. Метод Алфрея-Голдфингера. Метод Харвуда. Экспериментальное изучение микроструктуры.</p> <p>9. Связь строения мономеров и радикалов с их реакционной способностью. Стерический, полярный, резонансный факторы реакционной способности. Корреляционные соотношения.</p>	<b>ПК-1-н</b>

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Схема Q-е. Схема Бемфорда-Дженкинса. Квантово-химические расчеты параметров реакционной способности.</li> <li>2. Скорость сополимеризации. Уравнения Мелвилла, Норта, Абкина. Развитие теории диффузионного контроля обрыва цепи.</li> <li>3. Модель концевого звена в радикальной сополимеризации. Кинетическая схема.</li> <li>4. Состав и микроструктура сополимера в рамках модели предконцевого звена. Явные эффекты предконцевого звена. Вывод уравнения состава сополимера.</li> <li>5. Константы сополимеризации в рамках модели предконцевого звена.</li> <li>6. Скорость сополимеризации. Неявные эффекты предконцевого звена. Системы модели.</li> <li>7. Соплимеризация малеинового ангидрида, акрилонитрила, донорно-акцепторных комплексов акрилатов с <math>\text{MX}_n</math>. Модельные эксперименты на низкомолекулярных радикалах.</li> <li>8. Термодинамические критерии возникновения концентрационных эффектов селективной сольватации. Избыточная свободная функция Гиббса смешения мономеров.</li> <li>9. Параметры растворимости Гильдебранда. Вторые вириальные коэффициенты <math>A_2</math> реакционных растворов.</li> </ol>	<p><b>ПК-2-н</b></p>
---	----------------------

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Эффекты избирательной сольватации в радикальной сополимеризации в массе и растворителе. Инверсия знака <math>\lambda</math> – ММ для растворов сополимеров в мономерных смесях. Связь явлений селективной сольватации и сорастворимости.</li> <li>2. Кинетические эффекты селективной сольватации. Фундаментальные зависимости: зависимость состава сополимера – ММ при сополимеризации в массе. Производные эффекты: зависимость состава сополимера, <math>r_1</math>, <math>r_2</math> от концентрации инициатора и передатчика цепи, градиентная меж- и внутримолекулярная неоднородность макромолекул.</li> <li>3. Модель и количественная теория сополимеризации, учитывающие концентрационные (мономерные) эффекты селективной сольватации.</li> <li>4. Эффекты водородной связи по отношению к составу и микроструктуре сополимеров. Классификация эффектов по принципам: возмущение электронной системы мономеров – эффекты растворителя; - отсутствие возмущения – эффекты избирательной сольватации.</li> <li>5. (Со)полимеризация ионогенных мономеров. Роль рН среды. Ионные пары на концах растущих цепей. Ионосодержащие комплексы в реакционной системе.</li> <li>6. Соплимеризация электроноакцепторных мономеров в присутствии кислот Льюиса. Выражение для эффективных величин <math>r_1</math>, <math>r_2</math>. Стереохимический аспект.</li> <li>7. Чередующаяся сополимеризация. Гипотеза Уоллинга о переносе электронов между радикалом роста и мономером. Модель сомономерного комплекса.</li> <li>8. Чередующаяся сополимеризация Модель диссоциации комплекса. Дискриминация моделей. Метод ЭПР в диагностике моделей. Метод спиновой ловушки.</li> <li>9. Влияние температуры, давления и гетерофазности на сополимеризацию. Правило Брандрупа при гетерофазной сополимеризации.</li> <li>10. Псевдоживая радикальная полимеризация. История возникновения и развитие данного научного направления.</li> </ol>	<p><b>ПК-3-н</b></p>
--	----------------------

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общая классификация механизмов псевдоживой радикальной полимеризации.</li> <li>2. Полимеризация стирола, инициированная алкоксиаминами. Кинетические закономерности процесса. Роль побочных реакций при полимеризации с обратимым ингибированием.</li> <li>3. Кинетика и механизм полимеризации, инициированной "радикальными" инициаторами, в присутствии нитроксильных радикалов.</li> <li>4. Полимеризация виниловых мономеров в присутствии нитроксильных радикалов, образующихся непосредственно в полимеризационной системе. Кинетика ATRP, катализируемая комплексами меди (I).</li> <li>5. Роль различных компонентов в ATRP (мономеры, инициаторы, переходные металлы, лиганды).</li> <li>6. Понятие об эффективности ОПЦ-агента. Образование радикальных интермедиатов при ОПЦ-полимеризации.</li> <li>7. Использование псевдоживой радикальной полимеризации в макромолекулярном дизайне.</li> <li>8. Перспективы применения псевдоживой радикальной полимеризации в промышленных условиях.</li> </ol>	<b>ПК-т-1</b>
---	---------------

#### 6.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенций ПК-1-н; ПК-2-н; ПК-3-н; ПК-1-т:

##### **Примерный перечень вопросов (коллоквиумы) для оценки сформированности знаний компетенции ПК-1-н:**

1. Каковы механизмы влияния сомономерных звеньев на состав сополимера?
2. Какие инициаторы радикальной полимеризации вы знаете? Какие из них наиболее часто используются в промышленности? Как оценивают рабочий интервал температурных границ различных иницирующих систем?
3. Как зависит скорость процесса полимеризации от концентрации инициатора, мономера, температуры?
4. Какие основные приемы управления молекулярной массой полимеров вы знаете?
5. Какова связь строения мономеров и радикалов с их реакционной способностью?
6. Как описывается скорость сополимеризации в рамках модели предконцевого звена?
7. Какой процесс называют сополимеризацией? Перечислите основные типы сополимеров.
8. Выведите уравнение состава сополимера Майо-Льюиса. Какие допущения используют при выводе этого уравнения?
9. Что такое «гель-эффект»? Какие существуют способы его подавления?
10. Что такое композиционная неоднородность сополимеров как один из факторов, определяющих свойства продуктов?
11. Что такое статистическая, азеотропная, чередующаяся сополимеризация?
12. Что такое мгновенная неоднородность по составу? Каковы ее причины?

**Примерный перечень вопросов (коллоквиумы) для оценки сформированности знаний компетенции ПК-2-н:**

1. Опишите стерический, полярный, резонансный факторы реакционной способности.
2. Как влияет неоднородность по составу сополимера на оптические, структурные и физико-механические свойства?
3. В чем заключается природа эффекта предконцевого звена в радикальной сополимеризации?
4. Что такое явный и неявный эффекты предконцевого звена?
5. Выведите уравнение состава сополимера в рамках модели предконцевого звена.
6. Опишите сополимеризацию малеинового ангидрида, акрилонитрила, донорно-акцепторных комплексов акрилатов с  $\text{MX}_n$ .
7. Каковы термодинамические критерии возникновения концентрационных эффектов селективной сольватации?
8. Что такое коэффициент избирательной сольватации? Какие методы существуют для измерения абсолютных коэффициентов селективной сольватации?
9. Как связаны явления селективной сольватации и сорастворимости?
10. Что такое коэффициенты распределения мономеров?
11. Как относятся между собой истинные и эффективные величины относительных активностей мономеров?
12. Как реакционная среда может влиять на состав и структуру сополимеров?
13. В чем заключается классификация эффектов водородной связи по отношению к составу и микроструктуре сополимеров?
14. Как влияет pH среды на радикальную гомо- и сополимеризацию?

**Примерный перечень вопросов (коллоквиумы) для оценки сформированности знаний компетенции ПК-3-н:**

1. Какова природа водородной связи? Каково ее влияние на сополимеризацию виниловых мономеров? Рассмотрите на примере метакриловой кислоты
2. Как влияют кислоты Льюиса на радикальную (со)полимеризацию?
3. Что такое чередующаяся сополимеризация? Каковы теории по механизму?
4. Перечислите признаки чередующейся сополимеризации. Какие экспериментальные доказательства механизма чередующейся сополимеризации Вы знаете?
5. Какие приемы радикальной полимеризации называются «псевдоживыми»?
6. Приведите общую классификацию механизмов псевдоживой радикальной полимеризации.
7. Охарактеризуйте полимеризацию стирола, инициированную алкоксиаминами. Каковы кинетические закономерности этого процесса?
8. Какова роль побочных реакций при полимеризации с обратимым ингибированием?
9. В чем заключается механизм полимеризации, инициированной «радикальными» инициаторами, в присутствии нитроксильных радикалов?
10. Опишите общий механизм ATRP полимеризации. Какова роль различных компонентов в ATRP (инициаторы, переходные металлы, лиганды)?
11. Опишите общий механизм ОПЦ полимеризации. Что такое эффективность ОПЦ-агента?
12. Какие преимущества и недостатки имеют каждый прием псевдоживой радикальной полимеризации?
13. Как можно использовать псевдоживую радикальную полимеризацию для получения сложных макромолекулярных структур?

**Примерный перечень вопросов (коллоквиумы) для оценки сформированности знаний компетенции ПК-1-н:**

1. Какой метод расчета, относительных активностей мономеров, основанный на линеаризации уравнения состава сополимера, дает наиболее достоверные результаты?
2. Что такое избыточная свободная функция Гиббса смешения мономеров?
3. Опишите модель и количественную теорию сополимеризации, учитывающие концентрационные (мономерные) эффекты селективной сольватации.
4. Каковы количественные параметры реакционной способности мономеров и радикалов в радикальной сополимеризации?
5. Выведите уравнение состава сополимера в рамках модели предконцевого звена.
6. Что такое относительные активности мономеров? Какие методы их определения Вы знаете?
7. Интегральные и дифференциальные кривые распределения по составу (ИКРС и ДКРС). Экспериментальное и теоретическое построение ИКРС и ДКРС.
8. Как связаны константы сополимеризации с эмпирическими параметрами реакционной способности?

**Примерный перечень заданий для оценки сформированности знаний компетенций ПК-1-н:**

1. Какова средняя эффективность инициирования динитрилом азоизомасляной кислоты, если при полимеризации в присутствии 0.01 моль этого инициатора получен полимер, содержащий на концах макромолекул 0.012 моль осколков этого инициатора, а степень превращения инициатора составляет 80%?
2. При полимеризации 0.128 моль стирола (конверсия 70 %) в присутствии инициатора диазоаминобензола  $C_6H_5-NH-N=N-C_6H_5$  в полимере найдено 0.13% азота. Сколько инициатора останется в реакционной смеси, если принять его эффективность, равной 0.7 и начальное содержание  $5.0 \cdot 10^{-3}$  моль?
3. Вычислите содержание радикалов  $[m_1^{\bullet}]$  и  $[m_2^{\bullet}]$  в условиях стационарности при сополимеризации стирола ( $M_1$ ) и метилметакрилата ( $M_2$ ) при  $60^\circ C$  в мольном соотношении 60:40, если известны суммарное содержание радикалов в системе, равное  $3.5 \cdot 10^{-8}$  моль/л и константы скорости роста при гомополимеризации (145 и 2090 л/(моль $\times$ с).  $r_1 = 0.75$ ,  $r_2 = 0.18$ .
4. Соплимеризация стирола (0.08 моль/л) и метилметакрилата (0.44 моль/л) осуществляется в условиях стационарности при скорости инициирования  $9.8 \cdot 10^{-9}$  моль/(л $\times$ с). При этом скорость сополимеризации составляет  $1.2 \cdot 10^{-5}$  моль/(л $\times$ с). Определите константу скорости перекрестного обрыва. Относительные активности мономеров и константы скоростей роста и обрыва при гомополимеризации мономеров возьмите из справочных данных.
5. Что будет представлять собой образец после завершения полимеризации стирола (Ст) с малеиновым ангидридом (МАН) при различных соотношениях мономеров в реакционной системе:  $M_{Ст} : M_{МАН} = 0.7 : 0.3$ ,  $M_{Ст} : M_{МАН} = 1$  (0.5 : 0.5),  $M_{Ст} : M_{МАН} = 0.3 : 0.7$ ?

**Примерный перечень заданий для оценки сформированности знаний компетенций ПК-2-н:**

1. Обсудите влияние активности мономера и радикала на наблюдаемую активность реакций радикала с мономером. В каком порядке можно расположить следующие мономеры на основании их активности: стирол, винилацетат, метилметакрилат, акрилонитрил? В каком порядке изменяется активность радикалов, образующихся из соответствующих мономеров?
2. Какие мономеры из перечисленных относятся к неактивным: акрилонитрил, метилметакрилат, винилацетат, метакриламид, пропилен, стирол, бутилвиниловый эфир, бутадиен-1,3.

3. Из следующего ряда мономеров выберите активные: метилакрилат, винилхлорид, метакрилонитрил, изопрен, винилацетат, стирол, метилметакрилат, акриловая кислота.
4. При латексной сополимеризации смеси винилхлорида и метилакрилата состава 79:21 (по массе) получен маточный раствор, содержащий 93 мас.% винилхлорида. Вычислите конверсию превращения мономера в полимер и средний состав сополимера, если  $r_1 = 0.12$ ,  $r_2 = 3.4$ .
5. Нарисуйте кривые состава сополимера метилметакрилата с метилакрилатом в отсутствие и в присутствии хлорида цинка. Объясните. Почему акрилонитрил, образующий комплекс с хлоридом цинка, не изменяет активность при сополимеризации с метилметакрилатом.

**Примерный перечень заданий для оценки сформированности знаний компетенций ПК-3-н:**

1. Охарактеризуйте ход кривых состава сополимера на качественном уровне для каждой из перечисленных ниже систем сомономеров: стирол – винилхлорид, винилацетат – метилакрилат, аллилацетат – метилметакрилат, бутадиен-1,3 – акрилонитрил, метилметакрилат – N-винилпирролидон, стирол – метилметакрилат, метилметакрилат – метилакрилат. Ответ поясните.
2. Выведите уравнение состава сополимера, используя кинетический и вероятностный подходы.
3. Выведите уравнение мгновенного состава сополимера в виде зависимости состава мономерной смеси от состава сополимера и констант сополимеризации.
4. Выведите зависимость общей концентрации активных частиц, а также  $[m_1^\bullet]$  и  $[m_2^\bullet]$  в отдельности при сополимеризации двух мономеров в стационарных условиях от концентрации мономеров  $[M_1]$  и  $[M_2]$ , скорости убыли концентрации мономера  $[M_1]$ , констант скорости гомополимеризации и констант сополимеризации.
5. Выведите условие азеотропности при сополимеризации. Определите графически и вычислите состав азеотропной смеси (в % по массе) при эмульсионной сополимеризации тетрафторэтилена ( $r_1 = 0.85$ ) и этилена ( $r_2 = 0.15$ ).
6. Постройте зависимость состава сополимера от состава мономерной смеси, если:
  - а) при  $r_1 = 0$ ,  $r_2 = 0, 0.5$  и  $3.0$ ;
  - б) при идеальной сополимеризации  $r_1 = 0.25, 0.5$  и  $1.0$ ;
  - в) константы сополимеризации равны между собой и составляют  $0, 0.3$  и  $1.0$ ;
  - г) при  $r_1 = 0.5$ ,  $r_2 = 0, 0.25$  и  $1.0$ .
7. Изобразите графически зависимость состава сополимера от состава мономерной смеси, если:
  - а) при  $r_1 = 0$ ,  $r_2 = 0, 0.5$  и  $3.0$ ;
  - б) при идеальной сополимеризации  $r_1 = 0.25, 0.5$  и  $1.0$ ;
  - в) константы сополимеризации равны между собой и составляют  $0, 0.3$  и  $1.0$ ;
  - г) при  $r_1 = 0.5$ ,  $r_2 = 0, 0.25$  и  $1.0$ .
8. Определите мгновенный состав сополимера при сополимеризации акрилонитрила и бутадиена в мольных соотношениях 1:8, 1:4, 1:2, 1:1, 2:1, 4:1, 8:1 в зависимости от конверсии, если  $r_1 = 0.02$ ,  $r_2 = 0.30$ . Полученные данные изобразите графически.
9. Определите средний состав сополимера и мгновенный состав сополимера и мономерной смеси при сополимеризации эквимольной смеси метакриловой кислоты и метакриламида до конверсий 20, 40, 60 и 80 мол.%, если  $r_1 = 2.60$ ,  $r_2 = 0.28$ . Полученные данные изобразите графически.

**Примерный перечень заданий для оценки сформированности знаний компетенций ПК-1-м:**

1. На основании величин  $Q$  и  $e$ , взятых из справочных данных, рассчитайте значения констант сополимеризации для бинарной смеси акрилонитрил – п-метилстирол. Постройте зависимости мгновенного состава сополимера от состава мономерной смеси. При наличии азеотропной смеси рассчитайте ее состав.
2. Зная константы сополимеризации  $\alpha$ -метилстирола с метилметакрилатом ( $r_1 = 0.14$ ,  $r_2 = 0.50$ ) и величины  $Q$  и  $e$  для первого мономера (взять из справочника) вычислите значения  $Q$  и  $e$  для второго мономера.

**Примерный перечень заданий для оценки сформированности знаний и умений компетенции ПК-1-н:**

1. Какие из приведенных инициаторов (катализаторов) можно использовать для полимеризации стирола и по какому механизму.  

$H_3PO_4$	пероксид третичного бутила
дициклогексилпероксидикарбонат	$Al(C_2H_5)_3 + TiCl_4$
$AlCl_3 + C_2H_5OH$	персульфат калия
реактив Фентона	$NaNH_2$
натрий + нафталин	$HCl$
2. Масло- и бензостойкий каучук марки СКН-40 представляет собой сополимер бутадиена-1,3 ( $M_1$ ) и акрилонитрила ( $M_2$ ), содержащий 40% (по массе) акрилонитрильных звеньев. Сколько этот сополимер содержит звеньев бутадиена (в мольных долях)? Какова должна быть его мольная доля в мономерной смеси при сополимеризации ( $60^\circ C$ )?
3. Бутадиен-стирольный синтетический каучук СКС-30 содержит 25% (по массе) стирольных звеньев. Рассчитайте содержание бутадиена (мол.%) в мономерной смеси для получения этого сополимера ( $60^\circ C$ ).

**Примерный перечень заданий для оценки сформированности знаний и умений компетенции ПК-2-н:**

1. Используя стирол и изопрен в качестве мономеров, предложите способ получения блок-сополимеров.
2. Чему равна мольная доля мономера  $M_1$  в исходной смеси, если мольное отношение мономеров  $M_1 : M_2$  равно 4?
3. По константам сополимеризации ( $60^\circ C$ ), определите относительную активность мономеров акрилонитрила (АН), винилацетата (ВА), винилиденхлорида (ВДХ), винилхлорида (ВХ), метилакрилата (МА) и метилметакрилата (ММА) по отношению к радикалу стирола, приняв наименьшую величину за 1.

**Примерный перечень заданий для оценки сформированности знаний и умений компетенции ПК-3-н:**

1. Образец полистирола состоит из ряда фракций:

№ фракции	Масса фракции, г	Молекулярная масса фракции $M_i \cdot 10^{-3}$
1	26	10
2	70	20
3	110	30
4	130	40

5	128	50
6	100	60
7	68	70
8	44	80
9	26	90
10	14	100

2. Вычислите среднечисловую, среднемассовую молекулярные массы и параметр полидисперсности. Постройте дифференциальную и интегральную (числовую и массовую) кривые молекулярно-массового распределения.
3. Определите азеотропный состав при сополимеризации (60°C) бутадиена-1,3 (M1) и акрилонитрила (M2). Рассчитайте средние последовательности звеньев этих мономеров (L1, L2) в макромолекулах азеотропного сополимера.
4. Расположите следующие мономеры в порядке уменьшения активности в реакции катионной полимеризации:

Мономер	$Q$	$e$
Винилацетат	0.026	-0,22
Метилметакрилат	0.74	0,40
$\alpha$ -Метилстирол	0.98	-1,27
Стирол	1.0	-0,8

5. При гомофазной сополимеризации акриламида и акрилонитрила в воде до конверсии 5% получены следующие данные:

Содержание акрилонитрила в мономерной смеси, мол.%	5.2	10.2	13.0	12.9	18.9
Содержание акрилонитрила в сополимере, мол.%	8	16	20	21	30

Вычислите относительные активности мономеров с помощью методов Файнемана-Росса и Келена-Тьюдоша.

6. При радикальной сополимеризации винилиденхлорида и метилхлорида получена следующая зависимость между составом мономерной смеси и составом сополимера:

Содержание винилиденхлорида в мономерной смеси, мол.%	20	40	60	80
Содержание винилиденхлорида в сополимере, мол.%	56	64	73	85

Вычислите относительные активности мономеров с помощью методов Файнемана-Росса и Келена-Тьюдоша.

**Примерный перечень заданий для оценки сформированности знаний и умений компетенции ПК-1-т:**

1. Рассчитайте средний состав сополимера стирола (M<sub>1</sub>) и метилакрилата (M<sub>2</sub>) в молярных и массовых процентах, если содержание стирола в исходной смеси и в смеси мономеров после вступления в реакцию 85 мол.% мономеров составляло 50 и 58 мол.%.
2. Постройте зависимости мгновенного состава сополимера, среднего состава сополимера и состава мономерной смеси от конверсии для системы метилметакрилат (M<sub>1</sub>) – акрилонитрил (M<sub>2</sub>) при содержании M<sub>1</sub> в исходной смеси (в мол. долях): а) 0.3; б) 0.5; в) 0.7.  $r_1 = 1.22$ ,  $r_2 = 0.15$ .

3. Какой мономер и в каком количестве следует вводить дополнительно для получения композиционно-однородного сополимера  $\alpha$ -метилстирола ( $M_1$ ) и метилметакрилата ( $M_2$ ) состава 1 : 1 (мол.) из эквимольной смеси при мольной конверсии: а) 0.6; б) 0.7; в) 0.8. Относительные активности мономеров возьмите из справочных данных.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения. М.: Издательский центр "Академия", 2010. – 386 с.
2. Кабанов В.А., Зубов В.П., Семчиков Ю.Д. Комплексно-радикальная сополимеризация. М.: Химия. 1987. – 253 с.
3. Зильберман Е.Н., Наволокина Р.А. Примеры и задачи по химии высокомолекулярных соединений. М.: Высшая школа, 1984. 224 с.
4. Гришин Д.Ф. Контролируемый синтез макромолекул. Учебное пособие. Нижний Новгород.: 2007, – 82 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.unn.ru/pages/issues/aids/2007/70.pdf>

### б) дополнительная литература:

1. Семчиков Ю.Д., Жильцов С.Ф., Зайцев С.Д. Введение в химию полимеров. СПб: Изд-во Лань, 2012. – 224 с.
1. Высокомолекулярные соединения : учебник и практикум для академического бакалавриата / М. С. Аржаков [и др.] ; под ред. А. Б. Зезина. [Электронный ресурс]. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 340 с. Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/D70F2822-28CC-446A-A5E4-F38CEE702A7E>

### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

<http://www.chem.msu.su/rus/teaching/lachinov/welcome.html>  
<http://www.chem.msu.su/rus/teaching/lachinov-basic/welcome.html>  
<http://www.unn.ru/pages/issues/aids/2007/70.pdf>

### г) рекомендуемая литература

1. Энциклопедия полимеров. Т. 1, 2, 3. М.: Советская энциклопедия, 1977.
2. Оудиан Дж. Основы химии полимеров. М.: Мир, 1974. – 614 с.
3. Дерябина, Г. И. Соплимеризация : учебное пособие / Г. И. Дерябина. Самара : Изд-во «Самарский университет », 2013. – 48 с.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии на сайтах издательств «Юрайт» (<http://www.urait.ru/>) и электронных библиотечных системах ННГУ (<http://www.lib.unn.ru/ebs.html>), доступ к которым предоставлен студентам. Сайты издательств содержат произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонды библиотек сформированы с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории (лекционные с вместимостью 200 человек и семинарские с вместимостью 20 человек) для проведения учебных занятий, предусмотренных программой. Лекционные аудитории (308 корп. 5, 328 корп. 2) оснащены оборудованием и техническими средствами обучения: переносным мультимедийным проектором, ноутбуком и выходом в сеть Интернет, доской и мелом (для разбора частных вопросов и детализации теоретических аспектов дисциплины, а также решения практических задач). Материально-техническое обеспечение лабораторного практикума – лаборатории, оснащенные оборудованием: вытяжные шкафы, химическая посуда общего и специального назначения, термостаты, сушильные шкафы, вакуумные насосы, колбонагреватели, высокочастотный титратор, ротационный испаритель, перемешивающие устройства, дистиллятор, технические и аналитические весы, центрифуга, фурье-ИК спектрометр Инфралюм ФТ-801, УФ спектрометр Shimadzu UV 1650 PC, гель-проникающий хроматограф Prominence LC-20VP («Shimadzu»), газовый хромато-масс-спектрометр QP-2010Plus (Shimadzu, Япония) с многоцелевым пиролизером EGA/PY3030D. Аудитория для проведения семинарских занятий (131 корп. 5) также оснащена необходимым оборудованием: стационарным мультимедийным проектором, ноутбуком с выходом в сеть Интернет, доской и мелом.

<b>Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: пр. Гагарина, 23, корп. 2, ауд. 328	Комплект специализированной мебели, Доска для мела ДК 11 Э 3012 (3 элемента); технические средства: проекционный экран ScreenMedia Goldview настенный, переносной мультимедийный проектор, ноутбук Lenovo G770	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 7 Home Basic OA CIS and GE, лицензия OEM</li> <li>• Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic Open 1 License No Level, лицензия №60411808, дата выдачи 24.05.2012 г.</li> </ul>
Помещение для самостоятельной работы пр. Гагарина, 23, корп. 1, ауд. 205	Комплект специализированной мебели, персональные компьютеры, имеется выход в интернет	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows Professional 10, Лицензия № 67001233, дата выдачи 09.06.2016 г.</li> <li>• Microsoft Office MS Office Standard 2013; серверная лицензия MS SQL Server Лицензия № 65097676, дата выдачи 23.04.2015 г.</li> </ul>
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа пр. Гагарина, 23, корп. 5, ауд.308	Комплект специализированной мебели; технические средства: переносной проекционный экран DRAPER DIPLOMAT 60x60 MW BlackCase, мультимедийный проектор BenQ MP-512 DLP, ноутбук Acer Extensa 5620Z T2390	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic Open No Level, Лицензия № 15988873, дата выдачи 15.01.2003 г.</li> <li>• Microsoft Office 2007 Russian Academic Open No Level Лицензия № 43178981, дата выдачи 12.12.2007 г.</li> </ul>

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа пр. Гагарина, 23, корп. 2, ауд. 131	Комплект специализированной мебели; технические средства: переносной проекционный экран DRAPER DIPLOMAT 60x60 MW BlackCase, мультимедийный проектор QUADRA H11100, ноутбук HP ProBook 4520s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic Open No Level, Лицензия № 15988873, дата выдачи 15.01.2003 г.</li> <li>• Microsoft Office 2007 Russian Academic Open No Level Лицензия № 43178981, дата выдачи 12.12.2007 г.</li> </ul>
--	---	---

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду (205 корп. 1).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и ПрООП ВПО по направлению подготовки 04.03.01 «Химия».

Авторы:

д.х.н. \_\_\_\_\_ С.Д. Зайцев

д.х.н., проф. \_\_\_\_\_ Л.А. Смирнова

Рецензент:

д.х.н., проф. \_\_\_\_\_ С.В. Зеленцов

Заведующий кафедрой

д.х.н. \_\_\_\_\_ С.Д. Зайцев