

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

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол № 6 от 31 мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Кинетика и механизм образования макромолекул

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
04.03.01 - Химия

Направленность образовательной программы
Химия и материаловедение

Форма обучения
очная, очно-заочная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.01.06 Кинетика и механизм образования макромолекул относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
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: Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий ПК-1-н-2: Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	ПК-1-н-1: 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 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 Знать задачи и объекты исследования науки о	Коллоквиум Контрольная работа Опрос	Экзамен: Контрольные вопросы

		<p> 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 </p> <p> ПК-1-н-2: 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; </p>		
--	--	---	--	--

		<p>навыками работы на современных приборах по определению физико-механических и оптических свойств полимеров и композитов на их основе.</p> <p>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;</p> <p>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 хроматомакс-спектрометрических исследований разложения полимера.</p> <p>Знать методы получения полимеров реакциями полимеризации и поликонденсации</p>		
ПК-1-т: Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более	ПК-1-т-1: Способен определять способы, методы и средства решения технологических задач в рамках прикладных НИР в области органической химии	<p>ПК-1-т-1:</p> <p>Владеть современной базой технологических решений</p> <p>Уметь применять новые или усовершенствованные процессы для выполнения производственных и научных</p>	Коллоквиум Опрос Практическое задание	Экзамен: Контрольные вопросы

высокой квалификации		задач Знать: основные тенденции и направления совершенствования технологических процессов		
ПК-2-н: Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы	ПК-2-н-1: Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных ПК-2-н-2: Анализирует и обобщает результаты поиска по тематике проекта в области органической химии и/или смежных с химией науках	ПК-2-н-1: Владеть навыками поиска, обобщения, структуризации информации с использованием информационно-коммуникационных технологий. Уметь проводить отбор необходимых источников, их анализ и структуризацию информации. Знать основные принципы поиска, обобщения и анализа информации в области химии полимеров. ПК-2-н-2: Владеть элементарными методами научного поиска и интеллектуального анализа научной информации при решении новых задач. Уметь осуществлять анализ научно-технической информации, полученной из отечественных и зарубежных источников и литературы, в том числе посвященных химии полимеров. Знать элементарные логические методы и приемы научного исследования.	Коллоквиум Опрос Практическое задание	Экзамен: Контрольные вопросы

<p><i>ПК-3-н: Способен осуществлять контроль качества веществ и материалов</i></p>	<p><i>ПК-3-н-1: Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными</i></p> <p><i>ПК-3-н-2: Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов</i></p>	<p><i>ПК-3-н-1: Владеть навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых математических и естественнонаучных дисциплин для решения математических задач процессов полимеризации и сополимеризации.</i></p> <p><i>Уметь рассчитывать по структурным формулам мономеров и полимеров растворимость в различных растворителях, совместимость полимеров по Аскадскому; анализировать распределение электронной плотности в молекулах мономеров на основании представлений о строении вещества в органической химии; рассчитывать предельную температуру полимеризации (деполимеризации), используя закономерности о равновесных процессах физической химии; оптимизировать физико-механические свойства сополимеров и полимерных композиций с использованием законов физики по свойствам твердых тел при механических воздействиях.</i></p> <p><i>Знать математический аппарат, необходимый для построения кривых (интегральных и дифференциальных) распределения по составу, конверсионных зависимостей (состава сополимера, состава мономерной смеси).</i></p> <p><i>ПК-3-н-2: Владеть практическими навыками синтеза, модификации, исследования физико-химических свойств и</i></p>	<p><i>Коллоквиум</i></p> <p><i>Опрос</i></p> <p><i>Практическое задание</i></p>	<p><i>Экзамен:</i></p> <p><i>Контрольные вопросы</i></p>
--	--	---	---	--

		<p>структуры полимеров; методами математического планирования экспериментов и обработки полученных результатов.</p> <p>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</p> <p>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.</p>		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная	очно-заочная
Общая трудоемкость, з.е.	9	9
Часов по учебному плану	324	324
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):		
- занятия лекционного типа	64	64
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	160	64
- КСР	2	2
самостоятельная работа	44	158
Промежуточная аттестация	54 экзамен	36 экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)		в том числе									
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы			
			Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы		Всего					
	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о		
Радикальная сополимеризация. Модель концевого звена	84	76	18	18	50	18	68	36	16	40		
Модель предконцевого звена в радикальной сополимеризации	22	42	8	8	8	8	16	16	6	26		
Концентрационные эффекты селективной сольватации растущих цепей мономерами. Bootstrap модель сополимеризации	38	54	14	14	16	14	30	28	8	26		
Комплексно-радикальная (со)полимеризация	72	72	16	16	48	16	64	32	8	40		
Радикальная полимеризация в режиме «живых» цепей	52	42	8	8	38	8	46	16	6	26		
Аттестация	54	36										
КСР	2	2							2	2		
Итого	324	324	64	64	160	64	226	130	44	158		

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 48 ч., очно-заочная форма обучения - 16 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "-" (-).

- открытый онлайн-курс МООС "-" (-).

Иные учебно-методические материалы: Смирнова Л.А., Зайцев С.Д., Мочалова А.Е., Семчиков Ю.Д. Сополимеризация. Учебное пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2018. – 105 с.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

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

H_3PO_4

дициклогексилпероксидикарбонат

$\text{AlCl}_3 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

реактив Фентона

натрий + нафталин

пероксид третичного бутила

$\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3 + \text{TiCl}_4$

персульфат калия

NaNH_2

HCl

1. Масло- и бензостойкий каучук марки СКН-40 представляет собой сополимер бутадиена-1,3 (М1) и акрилонитрила (М2), 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°C)?
2. Бутадиен-стирольный синтетический каучук СКС-30 содержит 25% (по массе) стирольных звеньев. Рассчитайте содержание бутадиена (мол.%) в мономерной смеси для получения этого сополимера (60°C).

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ПК-1-г

1. Рассчитайте средний состав сополимера стирола (М1) и метилакрилата (М2) 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 (М1) – акрилонитрил (М2) при содержании М1 в исходной смеси (в мол. долях): а) 0.3; б) 0.5; в) 0.7. $r_1 = 1.22$, $r_2 = 0.15$.

Какой мономер и в каком количестве следует вводить дополнительно для получения композиционно-однородного сополимера α -метилстирола (М1) и метилметакрилата (М2) 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.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н

1. Используя стирол и изопрен в качестве мономеров, предложите способ получения блок-сополимеров.

1. Чему равна мольная доля мономера M_1 в исходной смеси, если мольное отношение мономеров $M_1 : M_2$ равно 4?
2. По константам сополимеризации (60°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.

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Коллоквиум) для оценки сформированности 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

1. Вычислите среднечисловую, среднемассовую молекулярные массы и параметр полидисперсности. Постройте дифференциальную и интегральную (числовую и массовую) кривые молекулярно-массового распределения.
2. 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.
3. Расположите следующие мономеры в порядке уменьшения активности в реакции катионной полимеризации:

Мономер	Q	e
Винилацетат	0.026	-0,22
Метилметакрилат	0.74	0,40
т	0.98	-1,27
α -Метилстирол	1.0	-0,8
Стирол		

1. 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.

1. При радикальной сополимеризации винилиденхлорида и метилметакрилата 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.

Критерии оценивания (оценочное средство - Коллоквиум)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Высокий уровень владения материалом. Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Правильно выполнены все задания. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами. Проявлены отличные способности применять знания и умения к выполнению конкретных задач. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Правильно выполнена большая часть заданий, допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения при решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить полноту знаний и наличие навыков и умений вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

Вариант 1

Задание 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%?

Задание 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?

Задание 3. Вычислите содержание радикалов $[m_1^\bullet]$ и $[m_2^\bullet]$ в условиях стационарности при сополимеризации стирола (M1) и метилметакрилата (M2) при 60°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×с). $r_1 = 0.75$, $r_2 = 0.18$.

Вариант 2

Задание 1. Соплимеризация стирола (0.08 моль/л) и метилметакрилата (0.44 моль/л) осуществляется в условиях стационарности при скорости иницирования $9.8 \cdot 10^{-9}$ моль/(л×с). При этом скорость сополимеризации составляет $1.2 \cdot 10^{-5}$ моль/(л×с). Определите константу скорости перекрестного обрыва. Относительные активности мономеров и константы скоростей роста и обрыва при гомополимеризации мономеров возьмите из справочных данных.

Задание 2. Что будет представлять собой образец после завершения полимеризации стирола (Ст) с малеиновым ангидридом (МАН) при различных соотношениях мономеров в реакционной системе: $M_{Ст} : M_{МАН} = 0.7 : 0.3$, $M_{Ст} : M_{МАН} = 1 : 0.5$, $M_{Ст} : M_{МАН} = 0.3 : 0.7$?

Задание 3. 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?

Вариант 3

Задание 1. Какие мономеры из перечисленных относятся к неактивным: акрилонитрил, метилметакрилат, винилацетат, метакриламид, пропилен, стирол, бутилвиниловый эфир, бутадиен-1,3.

Задание 2. Из следующего ряда мономеров выберите активные: метилакрилат, винилхлорид, метакрилонитрил, изопрен, винилацетат, стирол, метилметакрилат, акриловая кислота.

Задание 3. 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 $r_1 = 0.12$, $r_2 = 3.4$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Высокий уровень владения материалом. Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Правильно выполнены все задания. Продемонстрированы все основные умения, решены все

Оценка	Критерии оценивания
	основные задачи с отдельными несущественным недочетами. Проявлены отличные способности применять знания и умения к выполнению конкретных задач. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Правильно выполнена большая часть заданий, допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения при решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить полноту знаний и наличие навыков и умений вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности 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?

5.1.7 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-1-г

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

5.1.8 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности 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 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 соразворимости?
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?

Как влияет рН среды на радикальную гомо- и сополимеризацию?

5.1.9 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности 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?

Как можно использовать псевдоживую радикальную полимеризацию для получения сложных макромолекулярных структур?

Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Высокий уровень владения материалом. Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Правильно выполнены все задания. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами. Проявлены отличные способности применять знания и умения к выполнению конкретных задач. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Правильно выполнена большая часть заданий, допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном

Оценка	Критерии оценивания
	объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения при решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить полноту знаний и наличие навыков и умений вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.1.10 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-1-г

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 α -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.

5.1.11 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н

1. 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.
2. 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.
3. Выведите уравнение состава сополимера, используя кинетический и вероятностный подходы.
4. Выведите уравнение мгновенного состава сополимера в виде зависимости состава мономерной смеси от состава сополимера и констант сополимеризации.
5. 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.

5.1.12 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н

1. 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 ($r_2 = 0.15$).

2. 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 .

1. 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 .

1. 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.

2. 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.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Высокий уровень владения материалом. Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Правильно выполнены все задания. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами. Проявлены отличные способности применять знания и умения к выполнению конкретных задач. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Правильно выполнена большая часть заданий, допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном

Оценка	Критерии оценивания
	объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения при решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить полноту знаний и наличие навыков и умений вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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 несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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
---------------	--	---	--	--	--	--	---

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Контрольные вопросы

Экзамен

Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных

Оценка	Критерии оценивания
	задач.
отлично	Высокий уровень владения материалом. Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Правильно выполнены все задания. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами. Проявлены отличные способности применять знания и умения к выполнению конкретных задач. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Правильно выполнена большая часть заданий, допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения при решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить полноту знаний и наличие навыков и умений вследствие отказа обучающегося от ответа.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н (Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации)

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

4. Распределение сополимера по составу. Мгновенная неоднородность по составу. Причины.

5. Конверсионная неоднородность. Уравнения Мейера-Лоури, Крузе.

6. Приемы получения композиционно-однородных сополимеров

7. Интегральные и дифференциальные кривые распределения по составу (ИКРС и ДКРС). Экспериментальное и теоретическое построение ИКРС и ДКРС

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

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1-т (Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации)

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, инициатор, 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

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н (Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы)

9. Связь строения мономеров и радикалов с их реакционной способностью. Стерический, полярный, резонансный факторы реакционной способности. Корреляционные соотношения

10. Схема Q-е. Схема Бемфорда-Дженкинса. Квантово-химические расчеты параметров реакционной способности

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

12. Модель концевго звена в радикальной сополимеризации. Кинетическая схема
13. Состав и микроструктура сополимера в рамках модели предконцевого звена. Явные эффекты предконцевого звена. Вывод уравнения состава сополимера
14. Константы сополимеризации в рамках модели предконцевого звена
15. Скорость сополимеризации. Неявные эффекты предконцевого звена. Системы модели
16. Сополимеризация малеинового ангидрида, акрилонитрила, донорно-акцепторных комплексов акрилатов с MX_n . Модельные эксперименты на низкомолекулярных радикалах
17. Термодинамические критерии возникновения концентрационных эффектов селективной сольватации. Избыточная свободная функция Гиббса смешения мономеров
18. Параметры растворимости Гильдебранда. Вторые вириальные коэффициенты A_2 реакционных растворов
19. Эффекты избирательной сольватации в радикальной сополимеризации в массе и растворителе. Инверсия знака λ – ММ для растворов сополимеров в мономерных смесях. Связь явлений селективной сольватации и соразстворимости

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н (Способен осуществлять контроль качества веществ и материалов)

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

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Семчиков Юрий Денисович. Высокомолекулярные соединения : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности 011000 "Химия" и направлению 510500 "Химия". - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2006. - 368 с. - (Высшее профессиональное образование. Естественные науки). - ISBN 5-7695-3028-6 : 250.69., 48 экз.
2. Кабанов Виктор Александрович. Комплексно-радикальная полимеризация. - М. : Химия, 1987. - 253, [1] с. : ил. - 2.30., 26 экз.
3. Зильберман Ехиэл Наумович. Примеры и задачи по химии высокомолекулярных соединений : Радикальная полимеризация, ионная полимеризация, сополимеризация : [учеб. пособие для хим. и хим.-технол. специальностей вузов]. - М. : Высшая школа, 1984. - 224 с. : ил. - 0.45., 37 экз.
4. Киреев В. В. Высокомолекулярные соединения в 2 ч. Часть 1 : учебник / В. В. Киреев. - Москва : Юрайт, 2023. - 365 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-13614-2. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=841456&idb=0>.
5. Киреев В. В. Высокомолекулярные соединения в 2 ч. Часть 2 : учебник / В. В. Киреев. - Москва : Юрайт, 2023. - 243 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-13615-9. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=845616&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Семчиков Юрий Денисович. Введение в химию полимеров : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению ВПО 020100 "Химия" и специальности 020201 "Фундам. и прикладная химия". - СПб. : Лань, 2012. - 224 с. : ил. - (Учебники для вузов) (Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1325-6 : 399.96., 98 экз.
2. Высокомолекулярные соединения : учебник и практикум / М. С. Аржаков [и др.] ; под редакцией А. Б. Зезина. - Москва : Юрайт, 2023. - 340 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-01322-1. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=845117&idb=0>.
3. Энциклопедия полимеров : [в 3 т.]. [Т.] 1 : А - К / редкол.: В. А. Каргин (гл. ред.) [и др.]. - М. : Советская энциклопедия, 1972. - 1224 стб. : ил. - (Энциклопедии. Словари. Справочники / науч.-ред. совет: А. М. Прохоров (пред.) [и др.]). - 4.40., 4 экз.
4. Энциклопедия полимеров : [в 3 т.]. [Т.] 2 : Л - Полинозные волокна / редкол.: В. А. Кабанов (гл. ред.) [и др.]. - М. : Советская энциклопедия, 1974. - 1032 стб. - (Энциклопедии. Словари. Справочники / науч.-ред. совет: А. М. Прохоров (пред.) [и др.]). - 4.40., 3 экз.
5. Энциклопедия полимеров : [в 3 т.]. [Т.] 3 : Полиоксадиазолы - Я / редкол. т.: В. А. Кабанов (гл. ред.) [и др.]. - М. : Советская энциклопедия, 1977. - 1150 стб. - (Энциклопедии. Словари. Справочники / науч.-ред. совет: А. М. Прохоров (пред.) [и др.]). - 7.60., 4 экз.

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>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, специализированным 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

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки 04.03.01 «Химия».

Автор(ы): Зайцев Сергей Дмитриевич, доктор химических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Зайцев Сергей Дмитриевич, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии химического факультета от 23 мая 2023 г., протокол № 7.