

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Контролируемая радикальная полимеризация

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

04.04.01 - Химия

Направленность образовательной программы

Физическая химия макромолекулярных систем

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина ФТД.02 Контролируемая радикальная полимеризация является факультативом в образовательной программе.

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 планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	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: Знать основные теоретические и экспериментальные подходы при решении научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках Уметь проводить тактическое и стратегическое планирование научно-исследовательских работ Владеть навыками составления общего плана исследования и детального плана отдельных стадий ПК-1-н-2: Знать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов Уметь выбрать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов Владеть основными понятиями в выбранной области химии, химической	Опрос Реферат	Зачёт: Контрольные вопросы

		технологии и/или смежных с химией науках для постановки задач и реализации мультидисциплинарных исследований		
ПК-2-н: Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	ПК-2-н-1: Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных ПК-2-н-2: Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике проекта в выбранной области химии и/или смежных с химией науках	ПК-2-н-1: Знать специализированные информационные базы данных Уметь проводить поиск специализированной информации в информационных базах данных Владеть навыками работы в он-лайн библиографических мультидисциплинарных и специализированных базах данных ПК-2-н-2: Знать системы информационного поиска по тематике исследования в выбранной области химии и/или смежных с химией науках Уметь обобщать и анализировать результаты информационного поиска по тематике проекта в выбранной области химии и/или смежных с химией науках Владеть навыками обработки результатов информационного поиска по тематике проекта в выбранной области химии и/или смежных с химией науках	Опрос	Зачёт: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	1
Часов по учебному плану	36
в том числе	

аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	3
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование 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	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Общие закономерности контролируемой и псевдоживой радикальной полимеризации	2	2		2	0
Полимеризация с обратимым ингибированием стабильными радикалами по механизму – диссоциация-рекомбинация	11	10		10	1
Псевдоживая радикальная полимеризация с переносом атома	11	10		10	1
Полимеризация в условиях обратимой передачи цепи по механизму присоединения-фрагментации (ОПЦ-полимеризация)	11	10		10	1
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	36	32	0	33	3

Содержание разделов и тем дисциплины

- Общие закономерности контролируемой и псевдоживой радикальной полимеризации
"Живые" цепи в анионной полимеризации. Элементарные стадии радикальной полимеризации. Режим "живых" цепей в радикальной полимеризации. Развитие исследований в области псевдоживой радикальной полимеризации. Основные виды псевдоживой радикальной полимеризации. Общие закономерности псевдоживой радикальной полимеризации.
- 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. Эффект стабильного радикала (persistent radical effect). Полимеризация (мет)акриловых мономеров в присутствии стабильных радикалов. Полимеризация в присутствии нитроксильных радикалов,

образующихся непосредственно в полимеризационной системе (in situ). Преимущества и недостатки метода SFRP. Практическое применение метода SFRP. Макромолекулярный дизайн.

3. Псевдоживая радикальная полимеризация с переносом атома (ATRP)

Механизм полимеризации. Реакция Хараша. Компоненты каталитической системы на основе галогенидов переходных металлов (мономеры, инициаторы, лиганды). Кинетика полимеризации, катализируемой комплексами меди (I). Прямое и обратное иницирование ATRP полимеризации.

Использование активаторов, генерируемых одноэлектронным переносом (AGET). Постоянная регенерация активатора за счет инициаторов (ICAR). Использование активаторов, регенерируемых одноэлектронным переносом (ARGET). Ограничения метода ATRP полимеризации.

4. 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 ОПЦ-полимеризации в макромолекулярном дизайне.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "-" (-).
- открытый онлайн-курс МООС "-" (-).

Иные учебно-методические материалы: КОНТРОЛИРУЕМЫЙ СИНТЕЗ МАКРОМОЛЕКУЛ.

Авторы: Булгакова С.А., Волгутова Е.С., Замышляева О.Г., Зайцев С.Д., Гусев С.И. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. – 43 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 - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:

1. Какие основные приемы управления молекулярной массой полимеров вы знаете?
2. Что такое «гель-эффект»? Какие существуют способы его подавления?
3. Что такое композиционная неоднородность сополимеров как один из факторов, определяющих свойства продуктов?
4. Какие приемы радикальной полимеризации называются «псевдоживыми»?

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н:

1. Приведите общую классификацию механизмов псевдоживой радикальной полимеризации.
2. Охарактеризуйте полимеризацию стирола, инициированную алкоксиаминами. Каковы кинетические закономерности этого процесса?
3. Какова роль побочных реакций при полимеризации с обратимым ингибированием?
4. В чем заключается механизм полимеризации, инициированной «радикальными» инициаторами, в присутствии нитроксильных радикалов?
5. Опишите общий механизм ATRP полимеризации. Какова роль различных компонентов в ATRP (инициаторы, переходные металлы, лиганды)?
6. Опишите общий механизм ОПЦ полимеризации. Что такое эффективность ОПЦ-агента?
7. Какие преимущества и недостатки имеют каждый прием псевдоживой радикальной полимеризации?
8. Как можно использовать псевдоживую радикальную полимеризацию для получения сложных макромолекулярных структур?

Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Понятийный аппарат освоен в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы. Продемонстрирован достаточный уровень освоения навыков для решения отдельных задач профессиональной деятельности. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли.
не зачтено	Значительные пробелы в знаниях основного материала. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Неумение формулировать свои мысли или невозможно оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Реферат) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:

1. Реакции присоединения-фрагментации в синтезе полимеров.
2. Получение градиентных сополимеров методами псевдоживой радикальной полимеризации.
3. Синтетические подходы к получению агентов ОПЦ.

4. Одновременный контроль молекулярно-массового распределения и мактичности в радикальной полимеризации.
5. Использование псевдоживой радикальной полимеризации в синтезе сверхразветвленных полимеров.
6. Применение метода ЭПР для изучения кинетики и механизма ОПЦ-полимеризации.
7. Самоорганизация макромолекул, полученных методами псевдоживой радикальной полимеризации.
8. Металлоорганические соединения в псевдоживой радикальной полимеризации.

Критерии оценивания (оценочное средство - Реферат)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Реферат, презентация написаны в соответствии с предъявляемыми требованиями, основные разделы по теме реферата раскрыты. Защита показала владение информацией по теме реферата. Получены ответы на дополнительные вопросы с несущественным недочетами.
не зачтено	При написании реферата и презентации не выполнены предъявляемые требования, тема реферата не раскрыта. Защита показала отсутствие понимания материала. Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. Не получены ответы на дополнительные вопро

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 отдельными 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 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

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 с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

Задание 1. Инициирование, рост и обрыв цепей при анионной полимеризации.
"Живые" цепи.

Задание 2. Общая кинетическая схема радикальной полимеризации.

Задание 3. Сопоставление радикальной и анионной полимеризации.

Задание 4. Псевдоживая радикальная полимеризация. История возникновения и развитие

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н

Задание 1. Общая классификация механизмов псевдоживой радикальной полимеризации.

Задание 2. Строение и реакционная способность нитроксильных радикалов.

Задание 3. Полимеризация стирола, инициированная алкоксиаминами. Кинетические закономерности процесса.

Задание 4. Роль побочных реакций при полимеризации с обратимым ингибированием.

Задание 5. Кинетика и механизм полимеризации, инициированной "радикальными" инициаторами, в присутствии нитроксильных радикалов.

Задание 6. Полимеризация виниловых мономеров в присутствии нитроксильных радикалов, образующихся непосредственно в полимеризационной системе.

Задание 7. Кинетика ATRP, катализируемая комплексами меди (I).

Задание 8. Роль различных компонентов в ATRP (мономеры, инициаторы, переходные металлы, лиганды).

Задание 9. Реакции передачи цепи в радикальной полимеризации

Задание 10. Понятие об эффективности ОПЦ-агента. Экспериментальное определение CS.

Задание 11. Образование радикальных интермедиатов при ОПЦ-полимеризации.

Задание 12. Особенности кинетики ОПЦ-полимеризации.

Задание 13. Использование псевдоживой радикальной полимеризации в макромолекулярном дизайне.

Задание 14. Перспективы применения псевдоживой радикальной полимеризации в промышленных условиях.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Знание основного содержания разделов дисциплины, допускаются неточности, нарушения в последовательности изложения материала. Правильное применение теоретических знаний для решения практических задач. Допускаются незначительные ошибки в решении расчетных задач.
не зачтено	Не знает значительной части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов. Не может решать простые основные расчетные и качественные задачи.

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

Основная литература:

1. 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>.
2. 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.

Дополнительная литература:

1. Киреев В. В. Высокомолекулярные соединения в 2 ч. Часть 1 : учебник / В. В. Киреев. - Москва : Юрайт, 2023. - 365 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-03986-3. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=844676&idb=0>.
2. Киреев В. В. Высокомолекулярные соединения в 2 ч. Часть 2 : учебник / В. В. Киреев. - Москва : Юрайт, 2023. - 243 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-03988-7. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=847886&idb=0>.

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, компьютерами.

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 04.04.01 - Химия.

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

Заведующий кафедрой: Зайцев Сергей Дмитриевич, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.09.2023 г., протокол № 1.