

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 от
31 августа 2021 г. № 11

Рабочая программа дисциплины
Контролируемый синтез функциональных полимеров в условиях радикального
инициирования и металлокомплексного катализа

Направление подготовки
04.06.01 «Химические науки»

Направленность подготовки
02.00.06 «Высокомолекулярные соединения»; 02.00.04 «Физическая химия»

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина «Контролируемый синтез функциональных полимеров в условиях радикального инициирования и металлокомплексного катализа» относится к числу профессиональных дисциплин, дисциплиной по выбору и изучается на 2 году обучения, в 4 семестре для направленности 02.00.06 и относится к числу общепрофессиональных дисциплин, дисциплиной по выбору и изучается на 3 году обучения, в 5 семестре.

Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования по курсам:

- «Высокомолекулярные соединения» (элементарные стадии полимеризационных процессов, молекулярно-массовые характеристики полимеров, синтез полимеров методами радикальной и ионной полимеризации);
- «Физическая химия» (основы термодинамики, кинетики, владение основными законами физической химии);
- «Физические методы исследования» (ИК-, УФ-, ЯМР-, ЭПР-спектроскопия, жидкостная хроматография);
- «Органическая химия» (теоретические основы органической химии, владение основами органического синтеза);
- «Химия нефти» (основы нефтехимического синтеза);
- «Радикальные реакции углеводородов и их производных» (закономерности протекания реакций с участием органических радикалов);
- «Металлокомплексный катализ и катализаторы в органическом и нефтехимическом синтезе».

В качестве вводных знаний, необходимых для освоения данной дисциплины необходимо знать принципы классификации полимеров и существующую терминологию.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ООП (компетенциями выпускников)

Таблица 1

Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Код формируемой компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций |
|------------------------------------|--|
| <i>ПК-1 базовый</i> | 31 <i>Знать:</i> перспективы и проблемы развития химии; фундаментальные основы химии, а также наук о материалах. 32 <i>Знать:</i> приоритетные направления научных исследований в |

| | |
|---------------------|---|
| | <p>организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации.</p> <p><i>У1 Уметь:</i> прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме.</p> <p><i>У2 Уметь:</i> проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки.</p> <p><i>В1 Владеть:</i> навыками организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации.</p> <p><i>В2 Владеть:</i> навыками взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях</p> |
| <i>ПК-4 базовый</i> | <p><i>З1 Знать:</i> основные приемы химического эксперимента, методы получения полимеров и исследования их свойств.</p> <p><i>У1 Уметь:</i> осуществлять исследования полимеризационных процессов.</p> <p><i>В1 Владеть:</i> Навыками разработки фундаментальных основ технологических процессов полимеризации, осуществления исследований процессов полимеризации и изучения свойств полимеров.</p> |

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа (18 часов лекции, 54 часа самостоятельная работа обучающегося).

Таблица 2

Структура дисциплины

| Наименование раздела дисциплины | Всего, часов | В том числе | | | | | Самостоятельная работа обучающегося, часов |
|--|--------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------|-------|--|
| | | Контактная работа, часов | | | | | |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Консультации | Всего | |
| Введение. Исторический очерк развития радикальной полимеризации. Вклад Нижегородской (Горьковской) школы химиков-органиков в ее развитие. Основные методы контролируемой радикальной полимеризации, особенности и закономерности | 6 | 2 | - | - | - | 2 | 4 |
| Контролируемый синтез макромолекул по механизму с переносом атома (Atom Transfer Radical Polymerization) | 6 | 2 | - | - | - | 2 | 4 |

| | | | | | | | |
|--|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Полимеризация виниловых мономеров по механизму обратимого ингибирования. Управление ростом полимерной цепи стабильными радикалами, образующимися in situ. Работы Нижегородской школы химиков-органиков в указанной области | 6 | 2 | - | - | - | 2 | 4 |
| Инифертеры как инициаторы-регуляторы нового типа. Бинарные инифертеры, на основе окситриазенов и окислителей, пространственно затрудненных хинонов и металлоорганических соединений. Вклад Нижегородской школы в развитие указанного направления | 6 | 2 | - | - | - | 2 | 4 |
| Полимеризация с передачей цепи по механизму обратимой передачи цепи (Radical Additional Fragmentation Chain Transfer) | 6 | 2 | - | - | - | 2 | 4 |
| Методы контролируемой радикальной полимеризации в синтезе сополимеров (статистических, градиентных, блок- и привитых сополимеров) | 6 | 2 | - | - | - | 2 | 4 |
| Радикально-координационная (со)полимеризация с участием металлоорганических соединений | 6 | 2 | - | - | - | 2 | 4 |
| Основные методы анализа синтезированных полимеров (гель-проникающая хроматография, дифференциально-сканирующая калориметрия, ИК, УФ, ЯМР-спектроскопия, MALDI-TOF-масс-спектрометрия) | 6 | 2 | - | - | - | 2 | 4 |
| Применение методов контролируемой полимеризации в производстве новых материалов, в том числе наноразмерных полимерных структур | 6 | 2 | - | - | - | 2 | 4 |
| Аттестация по дисциплине - зачет | | | | | | | |
| Итого | 72 | - | - | - | - | 18 | 54 |

Таблица 3

Содержание дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела | Форма проведения занятия | Форма текущего контроля* |
|-------|---|---|---|--------------------------|
| 1 | Введение. Исторический очерк развития радикальной полимеризации. Вклад Нижегородской (Горьковской) школы химиков-органиков в ее развитие. Основные методы | "Живые" цепи в анионной полимеризации. Элементарные стадии радикальной полимеризации. Режим "живых" цепей в радикальной полимеризации. Развитие | Лекции, самостоятельная работа обучающегося | Защита реферата |

| | | | | |
|---|--|--|---|-----------------|
| | контролируемой радикальной полимеризации, особенности и закономерности | исследований в области псевдоживой радикальной полимеризации. Основные виды псевдоживой радикальной полимеризации. Общие закономерности псевдоживой радикальной полимеризации. | | |
| 2 | Контролируемый синтез макромолекул по механизму с переносом атома (Atom Transfer Radical Polymerization) | 1. Подходы к установлению ATRP-процесса. 2. Катализаторы процессов ATRP. 3. Современные методы проведения полимеризации по механизму с переносом атома | Лекции, самостоятельная работа обучающегося | Защита реферата |
| 3 | Полимеризация виниловых мономеров по механизму обратимого ингибирования. Управление ростом полимерной цепи стабильными радикалами, образующимися in situ. | 1. Полимеризация виниловых мономеров с участием нитроксильных радикалов 2. Спиновые ловушки в контролируемом синтезе полимеров 3. Металлоорганические соединения как акцепторы растущих радикалов 4. Особенности образования стабильных радикалов in situ. 5. Работы Нижегородской школы химиков в указанной области | Лекции, самостоятельная работа обучающегося | Защита реферата |
| 4 | Инифертеры как инициаторы-регуляторы нового типа. Бинарные инифертеры, на основе окситриазенов и окислителей, пространственно затрудненных хинонов и металлоорганических соединений. Вклад Нижегородской школы в развитие указанного направления | 1. Понятие инифертора. Иниферторы как агенты контролируемой радикальной полимеризации 2. Бинарные инифертеры, на основе окситриазенов и окислителей, пространственно затрудненных хинонов и металлоорганических соединений. 3. Вклад Нижегородской школы в развитие указанного направления | Лекции, самостоятельная работа обучающегося | Защита реферата |
| 5 | Полимеризация с передачей цепи по механизму обратимой передачи цепи (Radical Additional Fragmentation Chain Transfer). | 1. Вырожденная передача атома или группы атомов 2. Взаимосвязь строения и реакционной способности в процессах RAFT 3. Присоединение – фрагментация с участием поли(мет)акрилатов 4. Работы Нижегородской школы химиков в указанной области | Самостоятельная работа Лекции, самостоятельная работа обучающегося | Защита реферата |
| 6 | Методы контролируемой радикальной полимеризации в синтезе сополимеров (статистических, | 1. «Идеальная» контролируемая полимеризация 2. Синтез блок-, привитых, градиентных сополимеров как | Лекции, самостоятельная работа обучающегося | Защита реферата |

| | | | | |
|---|--|--|---|-----------------|
| | градиентных, блок- и привитых сополимеров) | путь осуществления макромолекулярного дизайна | | |
| 7 | Радикально-координационная (со)полимеризация с участием металлоорганических соединений | 1. Механизм радикально-координационной (со)полимеризации 2. Современные работы в области координационно-радикальной (со)полимеризации (Уфа) | Лекции, самостоятельная работа обучающегося | Защита реферата |
| 8 | Основные методы анализа синтезированных полимеров (гель-проникающая хроматография, дифференциально-сканирующая калориметрия, ИК, УФ, ЯМР- спектроскопия, MALDI-TOF-масс-спектрометрия) | 1. Теоретические основы методов анализа полимеров. 2. Определение молекулярно-массовых характеристик полимеров методом гель-проникающей хроматографии; 3. Определение температур стеклования блок-сополимеров; 4. Изучение состава сополимеров методами ИК- и УФ-спектроскопии; 5. Изучение стереорегулярности гомо- и сополимеров методом ЯМР-спектроскопии 6. Изучение состава гомо- и блок-сополимеров и установления строения концевых групп, а также молекулярно-массовых характеристик полимеров MALDI-TOF-масс-спектрометрией. | Лекции, самостоятельная работа обучающегося | Защита реферата |
| 9 | Применение методов контролируемой полимеризации в производстве новых материалов, в том числе наноразмерных полимерных структур. | 1. Получение полимеров с различными функциональными группами 2. Практическое применение методов КРП для синтеза новых материалов, в том числе наноразмерных полимерных структур | Лекции, самостоятельная работа обучающегося | Защита реферата |

4. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине используются различные образовательные технологии:

информационно-развивающие технологии (самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации);

деятельностные практико-ориентированные технологии (анализ, сравнение методов проведения химических и физико-химических исследований, выбор метода, в зависимости от объекта исследования в конкретной ситуации и его практическая реализация);

развивающие проблемно-ориентированные технологии (учебные дискуссии, коллективная мыслительная деятельность, решение задач повышенной сложности).

Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Целью самостоятельной работы является овладение навыками работы с литературой (в читальном зале библиотеки, с доступом к ресурсам Интернет), более углубленное изучение отдельных разделов дисциплины при выполнении индивидуальных заданий. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в форме контроля самостоятельной работы (защита реферата).

Итоговый контроль проводится в виде зачета.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Методы проведения контролируемой радикальной полимеризации
2. Особенности механизмов различных методов контролируемой радикальной полимеризации (SFRP, ATRP, RATRP, RDC, RAFT)
3. Факторы, влияющие на реакционную способность радикалов.
4. Кинетическая модель элементарных процессов радикальной полимеризации.
5. Классы стабильных радикалов. Характеристика их реакционной способности
6. Строение и реакционная способность нитроксильных радикалов.
7. Применение метода ЭПР для анализа реакций с участием свободных радикалов, включая полимеризационные процессы.
8. Типы инициаторов, достоинства и недостатки, перспективы промышленного использования.
9. Инициаторы-регуляторы на основе семихинонов, иминосемихинонов и металлоорганических соединений.

10. Особенности молекулярно-массового распределения для процессов контролируемой радикальной полимеризации.
11. Порфириновые комплексы переходных металлов в синтезе полимеров.
12. Аренхромтрикарбонильные соединения в синтезе гомо- и сополимеров
13. Влияние координационно-ненасыщенных соединений III-V группы на реакционную способность макрорадикалов, кинетику гомо- и сополимеризации и состав сополимеров
14. Титанорганические соединения в синтезе полимеров
15. Реакция Хараши и ее применение в полимеризационных процессах.
16. Наиболее эффективные катализаторы ATRP.
17. Соединения сурьмы, висмута и кобальта в процессах радикальной полимеризации акриловых мономеров.
18. Современные методы и методики анализа (со)полимеров.
19. Пути синтеза функциональных полимеров методами контролируемой радикальной полимеризации.
20. Особенности получения блок-сополимеров, привитых- и градиентных полимеров методами контролируемой радикальной полимеризации.
21. Примеры использования и перспективы применения методов контролируемой радикальной полимеризации в промышленных условиях.

Темы рефератов:

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 тактичности 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. Металлокомплексные соединения в контролируемой радикальной полимеризации.
9. Особенности радикальной полимеризации с переносом атома в присутствии комплексов железа
10. Особенности полимеризации по механизму с переносом атома в присутствии комплексов меди

11. Особенности полимеризации по механизму с переносом атома в присутствии комплексов рутения
12. Современные подходы к проведению радикальной полимеризации с переносом атома
13. Роль лигандного окружения металлокомплекса в процессах контролируемой радикальной полимеризации с переносом атома
14. Каталитическая передача цепи как метод управления радикальной полимеризацией
15. Нитроксильные радикалы как агенты контролируемого синтеза макромолекул

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

6.1. *Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования*

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведен в приложении 1.

6.2. *Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания*

Уровень освоения учебной дисциплины обучающимися определяется следующими оценками: «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» предполагает:

- хорошее знание основных терминов и понятий курса;
- последовательное изложение материала;
- умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов;
- достаточно полные ответы на вопросы при сдаче зачета;
- умение использовать фундаментальные понятия из базовых естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин при ответе на зачете.

Оценка «не зачтено» предполагает:

- неудовлетворительное знание основных терминов и понятий курса;
- отсутствие логики и последовательности в изложении материала;
- неумение формулировать отдельные выводы и обобщения по теме вопросов;
- неумение использовать фундаментальные понятия из базовых естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин при ответах на зачете.

6.3. *Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.*

Уровни освоения дисциплины оцениваются согласно требованиям, изложенным в паспорте каждой из указанных компетенций, где указаны критерии оценивания результатов обучения и Планируемые результаты обучения.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Методы проведения контролируемой радикальной полимеризации (ПК-1).
2. Особенности механизмов различных методов контролируемой радикальной полимеризации (SFRP, ATRP, RAFT, RDC, RAFT) (ПК-1).
3. Факторы, влияющие на реакционную способность радикалов (ПК-1).
4. Кинетическая модель элементарных процессов радикальной полимеризации (ПК-1).
5. Классы стабильных радикалов. Характеристика их реакционной способности (ПК-1).
6. Строение и реакционная способность нитроксильных радикалов (ПК-1).
7. Применение метода ЭПР для анализа реакций с участием свободных радикалов, включая полимеризационные процессы (ПК-1).
8. Типы инициаторов, достоинства и недостатки, перспективы промышленного использования (ПК-1).
9. Инициаторы-регуляторы на основе семихинонов и металлоорганических соединений (ПК-1).
10. Особенности молекулярно-массового распределения для процессов контролируемой радикальной полимеризации (ПК-1).
11. Порфириновые комплексы переходных металлов в синтезе полимеров (ПК-4).
12. Аренхромтрикарбонильные соединения в синтезе гомо- и сополимеров (ПК-4).
13. Влияние координационно-ненасыщенных соединений III-V группы на реакционную способность макрорадикалов, кинетику гомо- и сополимеризации и состав сополимеров (ПК-4).
14. Титанорганические соединения в синтезе полимеров (ПК-4).
15. Реакция Хараши и ее применение в полимеризационных процессах. (ПК-1).
16. Наиболее эффективные катализаторы ATRP (ПК-1).
17. Кобальт-, сурьма- и висмуторганические соединения в процессах полимеризации акриловых мономеров (ПК-1).
18. Современные методы и методики анализа (со)полимеров (ПК-4).
19. Пути синтеза функциональных полимеров методами контролируемой радикальной полимеризации (ПК-4).
20. Особенности получения блок-, привитых-, градиентных полимеров (ПК-4).
21. Примеры использования и перспективы применения контролируемой радикальной полимеризации в промышленных условиях (ПК-1).

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

а) основная литература:

1. Высокомолекулярные соединения: учебник и практикум / М. С. Аржаков [и др.]; под ред. А.Б.Зезина. [Электронный ресурс]. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 340 с. <https://biblioteka-online.ru/book/B9A77DD2-8701-402C-BFB7-4ADAB30EE7F0>
2. Гришин Д.Ф. Контролируемый синтез макромолекул. Нижний Новгород, 2007, 82 с. <http://www.unn.ru/pages/issues/aids/2007/70.pdf>

3. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛИРУЕМОЙ РАДИКАЛЬНОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ Гришин Д.Ф., Гришин И.Д. Электронное учебное пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. – 48 с. http://www.unn.ru/books/met_files/Grishin.pdf

б) дополнительная литература:

1. Журнал Высокомолекулярные соединения. Серия А. https://elibrary.ru/title_about.asp?id=25478
2. Журнал Высокомолекулярные соединения. Серия Б. <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=25479>
3. Журнал Высокомолекулярные соединения. Серия С. https://elibrary.ru/title_about.asp?id=53145

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

http://www.unn.ru/books/met_files/Grishin.pdf
http://www.uspkhim.ru/php/getFT.phtml?jrnid=rc&paperid=4026&year_id=2009
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670005000766>
http://www.uspkhim.ru/php/paper_rus.phtml?journal_id=rc&paper_id=567
http://www.uspkhim.ru/php/getFT.phtml?jrnid=rc&paperid=4476&year_id=2015

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;
- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование;
- лицензионное программное обеспечение: *Windows, Microsoft Office*

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки» (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Автор

Заведующий кафедрой химии нефти
(нефтехимического синтеза)
д.х.н., профессор, чл-корр. РАН

_____ Гришин Д.Ф.

Рецензент

Д.х.н., профессор

_____ Федоров А.Ю.

Заведующий кафедрой высокомолекулярных
соединений и коллоидной химии
химического факультета

_____ Зайцев С.Д.

Программа рекомендована на заседании кафедры высокомолекулярных соединений и коллоидной химии от «___» _____ 2021 г. протокол № ____.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии химического факультета от 27 августа 2021, протокол № 1.

Карты компетенций, в формировании которой участвует дисциплина

ПК-1

| Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций), шифр | Критерии оценивания результатов обучения | | | | |
|---|--|---|--|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ЗНАТЬ: перспективы и проблемы развития химии; фундаментальные основы химии, а также наук о материалах | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах | Неполные знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах | Сформулированные, но содержащие отдельные пробелы знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах | Полные и систематические знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также наук о материалах |
| ЗНАТЬ: приоритетные направления научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации | Неполные знания о знаниях о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации | Сформулированные, но содержащие отдельные проблемы знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации | Полные и систематические знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации |
| УМЕТЬ: прогнозировать социальные | Отсутствие умений | Частично освоенное умение прогнозировать социальные | В целом успешное, но не систематическое умение прогнозировать | В целом успешное, но содержащее определенные пробелы умение | Успешное и систематическое умение прогнозировать |

| | | | | | |
|--|--------------------|--|---|--|--|
| последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме | | последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме | социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме | прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме | социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме |
| УМЕТЬ: проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки | Отсутствие умений | Частично освоенное умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки | В целом успешное, но не систематическое умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки | В целом успешное, но содержащее определенные пробелы умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки | Успешное и систематическое умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки |
| ВЛАДЕТЬ: навыками организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации | Отсутствие навыков | Фрагментарное применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации | В целом успешное, но не систематическое применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации | В целом успешное, но содержащее определенные пробелы применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации | В целом успешное и систематическое применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации |
| ВЛАДЕТЬ: навыками взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими | Отсутствие навыков | Фрагментарное применение навыков взаимодействия с учеными и научными | В целом успешное, но не систематическое применение навыков взаимодействия с учеными | В целом успешное, но содержащее определенные пробелы применение навыков взаимодействия с | В целом успешное и систематическое применение навыков взаимодействия с |

| | | | | | |
|---|--|---|--|--|--|
| исследования в аналогичных направлениях | | группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях | и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях | учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях | учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях |
|---|--|---|--|--|--|

ПК-3

| Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций), шифр | Критерии оценивания результатов обучения | | | | |
|--|--|---|--|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ЗНАТЬ: Требования к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования химических процессов; современные направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в своей профессиональной области | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания о требованиях к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования химических процессов; современные направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в своей профессиональной | Неполные знания о требованиях к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования химических процессов; современные направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в своей профессиональной области | Сформированные, но содержащие определенные пробелы знания о требованиях к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования химических процессов; современные направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в своей профессиональной | Сформированные и систематические знания о требованиях к корректному выбору методов обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования химических процессов; современные направления развития методом обработки экспериментальных данных и/или методов численного моделирования в своей профессиональной |

| | | | | | |
|--|--------------------|---|--|---|---|
| | | области | | области | области |
| <p>УМЕТЬ:</p> <p>Корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области</p> | Отсутствие умений | <p>Частично освоенное умение корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области</p> | <p>В целом успешное, но не систематическое умение корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области</p> | <p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области</p> | <p>Успешное и систематическое умение корректно использовать современные методы обработки экспериментальных данных и/или современные методы численного моделирования сложных химических процессов в своей профессиональной области</p> |
| <p>ВЛАДЕТЬ:</p> <p>Современными методами обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования химических процессов полимеризации; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в области химии и физики полимеров</p> | Отсутствие навыков | <p>Фрагментарное применение современных методов обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования химических процессов полимеризации; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных</p> | <p>В целом успешное, но не систематическое применение современных методов обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования химических процессов полимеризации; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных данных в области химии и</p> | <p>В целом успешные, но содержащие определенные пробелы навыки применения современных методов обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования химических процессов полимеризации; систематическими знаниями в области современных методов обработки экспериментальных</p> | <p>Успешное и систематическое применение навыков применения современных методов обработки экспериментальных данных и/или современными методами численного моделирования химических процессов полимеризации; систематическими знаниями в области современных методов</p> |

| | | | | | |
|--|--|---|------------------|---|---|
| | | данных в области химии и физики полимеров | физики полимеров | данных в области химии и физики полимеров | обработки экспериментальных данных в области химии и физики полимеров |
|--|--|---|------------------|---|---|

ПК-4

| Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения | | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ЗНАТЬ: основные приемы химического эксперимента, методы получения полимеров и исследования их свойств | Отсутствие знаний | Фрагментарные представления об основных приемах химического эксперимента, методах получения полимеров и исследования их свойств | Неполные знания об основных приемах химического эксперимента, методах получения полимеров и исследования их свойств | В целом полные, но содержащие определенные пробелы знания об основных приемах химического эксперимента, методах получения полимеров и исследования их свойств | Полные и системные знания об основных приемах химического эксперимента, методах получения полимеров и исследования их свойств |
| УМЕТЬ: осуществлять исследования полимеризационных процессов | Отсутствие умений | Частично сформированные умения об осуществлении полимеризационных процессов | В целом успешные, но не систематическое умение об осуществлении полимеризационных процессов | В целом успешное, но содержащее определенные пробелы умение об осуществлении полимеризационных процессов | Успешное и систематическое использование навыков осуществления полимеризационных процессов |
| ВЛАДЕТЬ: | Отсутствие | Фрагментарное | В целом успешное, но не | В целом успешное, но | Успешное и |

| | | | | | |
|--|---------|--|--|--|--|
| Навыками разработки фундаментальных основ технологических процессов полимеризации, осуществления исследований процессов полимеризации и изучения свойств полимеров | навыков | применение навыков разработки фундаментальных основ технологических процессов полимеризации, осуществления исследований процессов полимеризации и изучения свойств полимеров | систематическое применение навыков разработки фундаментальных основ технологических процессов полимеризации, осуществления исследований процессов полимеризации и изучения свойств полимеров | содержащее определенные пробелы применение навыков разработки фундаментальных основ технологических процессов полимеризации, осуществления исследований процессов полимеризации и изучения свойств полимеров | систематическое применение навыков разработки фундаментальных основ технологических процессов полимеризации, осуществления исследований процессов полимеризации и изучения свойств полимеров |
|--|---------|--|--|--|--|