

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Исполнительный директор
программы развития,
руководитель научно-
исследовательской политики
Г.Н. Суворов
« 15 » мая 2026 г.



ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
Рабочая программа
для обучающихся по научной специальности
2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий
форма обучения (очная)

Загоруйко А.Н., Григорьев М.В. Процессы и аппараты химических технологий. Рабочая программа для обучающихся по научной специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий, форма обучения (очная). Тюмень, 2026.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГТ к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, утверждены приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 г., № 951.

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Процессы и аппараты химических технологий» опубликована на сайте ТюмГУ: [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» – формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний в области процессов и аппаратов химических технологий и готовности к самостоятельной научно-исследовательской деятельности. Задачей изучения данной дисциплины является систематизация знаний базовых разделов химической термодинамики, катализа, тепло- и массопереноса, теории химических реакторов, необходимых для решения задач в профессиональной сфере.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

ПК-1 - способность к использованию профильно-специализированных знаний в области физической химии, катализа, тепло- и массопереноса, теории каталитических реакторов для решения научных и практических задач, возникающих при изучении и создании ресурсо- и энергосберегающих процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности;

ПК-2 - применять фундаментальные знания в области физической адсорбции для решения научных и практических задач, возникающих при создании ресурсо- и энергосберегающих технологий и аппаратов на основе адсорбционных процессов;

ПК-3 - способность к использованию профильно-специализированных знаний в области приготовления катализаторов, адсорбентов и носителей для решения задач, возникающих при изучении и создании ресурсо- и энергосберегающих процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности;

ОПК-1 - способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

ОПК-2 - готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования;

УК-1 - способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерирование новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

УК-2 - способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;

УК-3 - готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач;

УК-4 - готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках;

УК-5 - способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.

В результате освоения дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» обучающихся по направлениям подготовки 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий обучающийся должен:

Знать:

– Основы химической термодинамики: законы и принципы термодинамического равновесия, методы расчёта термодинамических параметров химических реакций, критерии определения направления протекания процессов.

– Кинетические процессы: механизмы протекания простых и сложных химических реакций, принципы формальной кинетики, особенности кинетики в открытых системах, методы квазистационарных концентраций и квазиравновесного приближения. – типов пористых и аморфных конструкционных наноматериалов;

– Каталитические процессы: механизмы гетерогенных каталитических реакций, факторы активности катализаторов, принципы работы каталитических реакторов, методы интенсификации процессов.

- Адсорбционные процессы: типы и механизмы адсорбционных явлений, закономерности физической и химической адсорбции, методы расчёта адсорбционного равновесия, применение в энергосберегающих технологиях.
- Технологии катализаторов: методы синтеза каталитических систем, способы активации и регенерации катализаторов, формирование пористой структуры, приготовление носителей.
- Процессы тепло- и массопереноса: механизмы переноса энергии и массы, методы расчёта теплообменных процессов, способы интенсификации массообмена, принципы проектирования энергоэффективных аппаратов.
- Ресурсосберегающие технологии: подходы к созданию энергоэффективных процессов, методы оптимизации режимов, способы минимизации энергозатрат, применение каталитических и адсорбционных процессов.
- Практическое применение: методы решения научно-технических задач, масштабирование лабораторных процессов, проектирование новых технологий, оценка экономической эффективности, создание инновационных производств.

Уметь:

- Проводить термодинамические расчёты;
- Анализировать кинетические процессы;
- Работать с каталитическими системами;
- Исследовать адсорбционные процессы;
- Разрабатывать каталитические системы;
- Проводить расчёты процессов переноса.

3. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		5
Общий объем зач. ед. час	4	4
	144	144
Из них:		
Часы аудиторной работы (всего):	32	32
Лекции	16	16
Практические занятия	16	16
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	76	76
Вид промежуточной аттестации (диф. зачет, кандидатский экзамен, экзамен)	36	Кандидатский экзамен 36

4. Система оценивания

Форма промежуточной аттестации – кандидатский экзамен. Экзамен проходит в устной форме, в билете два вопроса, аспиранту дается 60 минут на подготовку к вопросам.

Критерии оценивания ответа обучающихся на экзамене:

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, который дает полный, развернутый ответ на все поставленные вопросы, раскрывает основные положения темы; показывает умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений; ответ излагается литературным языком в научных терминах. В ответе должна быть отражена химическая картина описываемых процессов, аспирант должен знать историю развития нефтехимии, роль и значение нефтехимии в современной технической цивилизации, теоретические основы нефтехимии (строение и реакционная

способность органических молекул, механизмы нефтехимических реакций, основы органического анализа), основные принципы организации промышленной переработки нефтяного сырья, уметь представить схему механизма протекающих реакций.

Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, который дает верный ответ на поставленные вопросы, раскрывает основные положения темы; показывает умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи; однако, в ответе не прослеживается четкая структура, логическая последовательность, ответ излагается недостаточно грамотно.

Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, который дает не полный ответ на поставленные вопросы, раскрывает не все основные положения темы; в ответе не прослеживается четкая структура, логическая последовательность, ответ излагается недостаточно грамотно.

Оценка «не удовлетворительно» выставляется обучающемуся, который дает неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях; в ответе присутствует фрагментарность, нелогичность изложения; обучающийся не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины; отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения; речь неграмотная; дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучаемого не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины, либо обучающийся отказывается от ответа.

5. Содержание дисциплины

5.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Иные виды контактной работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные/ практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Современные подходы к термодинамическому анализу химических процессов	4	2	2	0	0
2.	Кинетика каталитических процессов: от теории к практике	4	2	2	0	0
3.	Инновационные методы приготовления катализаторов и адсорбентов	4	2	2	0	0
4.	Энергоэффективные решения в химической технологии	4	2	2	0	0
5.	Проектирование каталитических реакторов нового поколения	4	2	2	0	0
6.	Адсорбционные процессы в современных технологиях	4	2	2	0	0
7.	Автоматизация технологических процессов. Ресурсосберегающие технологии в химической отрасли	4	2	2	0	0

8.	Масштабирование лабораторных процессов. Перспективные направления развития процессов и аппаратов	4	2	2	0	0
9.	Консультация перед кандидатским экзаменом	2	0	0	0	2
10.	Кандидатский экзамен	34	0	0	0	34
	Итого (часов)	68	16	16	0	36

5.2. Содержание дисциплины по темам

Тема 1. Современные подходы к термодинамическому анализу химических процессов.

Рассматриваются современные методы термодинамического анализа химических реакций, включая классическую термодинамику и её модификации. Изучаются квантово-механические расчёты термодинамических характеристик, компьютерное моделирование процессов. Особое внимание уделяется применению машинного обучения и больших данных в термодинамических расчётах. Анализируются новые критерии оценки эффективности процессов, методы прогнозирования направления реакций и расчёта равновесного состава системы.

Тема 2. Кинетика каталитических процессов: от теории к практике. Изучаются теоретические основы кинетики каталитических процессов, включая механизмы гомогенного и гетерогенного катализа, процессы адсорбции и десорбции реагентов, а также диффузионные явления. Рассматриваются методы определения кинетических параметров, математическое моделирование каталитических реакций и оптимизация условий их проведения. Анализируются практические аспекты разработки новых каталитических систем и оптимизации режимов работы реакторов.

Тема 3. Инновационные методы приготовления катализаторов и адсорбентов. Представлены современные технологии синтеза каталитических материалов, включая золь-гель метод и гидротермальный синтез. Рассматриваются различные способы модификации материалов: импрегнирование, осаждение из растворов, механическая активация. Изучаются методы контроля качества катализаторов, оценка их физико-химических характеристик, каталитической активности и стабильности работы.

Тема 4. Энергоэффективные решения в химической технологии. Анализируются основные направления оптимизации энергопотребления в химической промышленности. Рассматриваются методы совершенствования тепло- и массообменных процессов, внедрение энергосберегающих технологий и систем рекуперации энергии. Особое внимание уделяется практическим решениям по использованию вторичных энергоресурсов, оптимизации режимов работы оборудования и применению энергоэффективных материалов.

Тема 5. Проектирование каталитических реакторов нового поколения. Изучаются современные конструктивные решения в области каталитических реакторов: реакторы с неподвижным слоем, кипящим слоем и монолитные реакторы. Рассматриваются методы математического моделирования, включая гидродинамические и кинетические модели, тепловые расчёты. Анализируются критерии оптимизации параметров реакторов: производительность, энергоэффективность и надёжность работы.

Тема 6. Адсорбционные процессы в современных технологиях. Рассматриваются основные типы адсорбционных процессов: физическая, химическая и ионообменная адсорбция. Изучаются современные адсорбционные материалы и их применение в различных технологических процессах. Анализируются методы очистки газов и жидкостей, разделения смесей и концентрирования веществ с использованием адсорбционных технологий.

Тема 7. Автоматизация технологических процессов. Ресурсосберегающие технологии в химической отрасли.

Изучаются современные системы контроля и управления химико-технологическими установками. Рассматриваются цифровые технологии в химической промышленности, включая автоматизированные системы управления процессами, датчики и измерительные приборы. Анализируются методы оптимизации режимов работы оборудования с помощью

автоматизированных систем. Анализируются методы минимизации энергозатрат в химических процессах. Рассматриваются современные подходы к созданию ресурсоэффективных технологий, включая замкнутые циклы производства и рациональное использование ресурсов. Особое внимание уделяется экологическим аспектам технологических решений и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Тема 8. Масштабирование лабораторных процессов. Перспективные направления развития процессов и аппаратов.

Изучаются методы перехода от лабораторных исследований к промышленному производству. Рассматриваются проблемы масштабирования технологических процессов, включая изменение гидродинамических режимов, массо- и теплообмена. Анализируются методы валидации технологических процессов при масштабировании. Анализируются современные тенденции развития химической инженерии. Рассматриваются нанотехнологии в химической промышленности, интеллектуальные системы управления процессами, применение искусственного интеллекта и машинного обучения. Изучаются новые материалы и конструктивные решения в области процессов и аппаратов.

6. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1.	Современные подходы к термодинамическому анализу химических процессов	Работа с литературой, источниками
2.	Кинетика каталитических процессов: от теории к практике	Работа с литературой, источниками
3.	Инновационные методы приготовления катализаторов и адсорбентов	Работа с литературой, источниками
4.	Энергоэффективные решения в химической технологии	Работа с литературой, источниками
5.	Проектирование каталитических реакторов нового поколения	Работа с литературой, источниками
6.	Адсорбционные процессы в современных технологиях	Работа с литературой, источниками Доклад на семинаре
7.	Автоматизация технологических процессов. Ресурсосберегающие технологии в химической отрасли	Работа с литературой, источниками
8.	Масштабирование лабораторных процессов. Перспективные направления развития процессов и аппаратов	Работа с литературой, источниками Доклад на семинаре
9.	Кандидатский экзамен	Вопросы к экзамену

7. Промежуточная аттестация по дисциплине

7.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устный опрос проводится по теоретическому материалу на практических занятиях. Может проводиться в форме индивидуального собеседования или собеседования в малых группах по вопросам.

Реферат представляет собой краткое изложение содержания научных трудов, литературы по определенной научной теме, материалов правоприменительной практики. Объем реферата может достигать 10-15 стр.; время, отводимое на его подготовку – от 2 недель до месяца. Подготовка реферата подразумевает самостоятельное изучение аспирантом нескольких литературных источников (монографий, научных статей и т.д.) и материалов правоприменительной практики по определенным вопросам, не рассматриваемым подробно на практическом занятии, систематизацию материала и краткое его изложение. Цель написания реферата – привитие аспиранту навыков краткого и лаконичного представления собранных материалов и фактов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным отчетам, обзорам и статьям. За время изучения курса аспирант представляет один реферат по предлагаемой теме (из примерного перечня) или формулирует тему самостоятельно, при одобрении темы преподавателем. Контроль – представление реферата.

Кандидатский экзамен проводится в форме собеседования по заранее определенным вопросам. Собеседование имеет целью выявление уровня освоения дисциплины, характеризующего знания обучающегося в соответствии с определенными компетенциями. В билете 2 вопроса.

Оценочное средство 1. Устный опрос

Проводится по теоретическому материалу на практических занятиях. Для подготовки необходимо проработать лекцию и прочитать рекомендуемую литературу по теме. Устный опрос может проводиться в форме индивидуального собеседования или собеседования в малых группах по вопросам.

Пример

Тема: Автоматизация технологических процессов

Анализ современных систем контроля и управления химико-технологическими установками включает изучение цифровых технологий в химической промышленности. Автоматизированные системы управления процессами, современные датчики и измерительные приборы, а также методы оптимизации работы оборудования за счёт внедрения автоматизации.

Вопросы для обсуждения:

1. Какие преимущества даёт применение машинного обучения в термодинамических расчётах по сравнению с традиционными методами классической термодинамики?
2. Как процессы адсорбции и десорбции влияют на общую скорость каталитической реакции и какие методы позволяют точно определить лимитирующую стадию?
3. Какой из современных методов синтеза каталитических материалов (золь-гель метод, гидротермальный синтез и др.) обеспечивает наилучшее сочетание высокой каталитической активности и стабильности работы и почему?
4. Приведите пример успешного внедрения системы рекуперации энергии на химическом производстве: какие показатели энергоэффективности удалось улучшить?
5. Какой тип каталитического реактора (с неподвижным слоем, кипящим слоем или монолитный) наиболее эффективен для высокоэкзотермических реакций и какие конструктивные особенности это обеспечивают?
6. Какие современные адсорбционные материалы наиболее перспективны для очистки промышленных выбросов от летучих органических соединений, и в чём их ключевые преимущества перед традиционными сорбентами?

Оценочное средство 2. Реферат

Примерная тематика рефератов

1. Экологические вызовы нефтехимической промышленности: выбросы парниковых газов и пути их сокращения.

2. Зависимость нефтехимии от волатильности цен на сырьё: экономические риски и стратегии стабилизации
3. Проблема утилизации и переработки полимерных отходов: технологические и экономические барьеры в нефтехимическом секторе.
4. Тенденции развития мировой нефтехимической промышленности в XXI веке: ключевые регионы и игроки.
5. Инновационные катализаторы в нефтехимии: новые разработки и их влияние на эффективность процессов.
6. Переход к «зелёной» нефтехимии: использование биосырья и возобновляемых ресурсов в производстве нефтехимических продуктов

Оценочное средство 3. Вопросы к кандидатскому экзамену

1. В чем заключается сущность системного анализа химико-технологических процессов? Приведите примеры применения.
2. Опишите иерархическую структуру химического производства. Каковы уровни иерархии и их взаимосвязь?
3. Как осуществляется взаимовлияние аппаратов в химико-технологической системе?
4. Какова роль математического моделирования в анализе и синтезе химико-технологических процессов?
5. В чем различие между детерминированным и стохастическим подходами к математическому моделированию процессов? В каких случаях предпочтителен каждый из них?
6. Опишите формы представления информации о процессе (управляющие уравнения, регрессионные модели, дифференциальные и интегральные уравнения, конечно-разностные уравнения).
7. В чем заключается теория подобия и анализ размерностей? Объясните физический смысл подобных преобразований.
8. Что такое метод характеристических масштабов и где он применяется?
9. Дайте определение основным понятиям теории переноса количества движения, энергии и массы.
10. Приведите основные уравнения гидродинамики, используемые для описания движения жидкостей в аппаратах.
11. Дайте определение модели идеального смешения. Как выводится дифференциальное уравнение этой модели?
12. Опишите модель идеального вытеснения и условия ее реализуемости в химико-технологических аппаратах.
13. В чем заключается диффузионная модель? Каковы особенности включения ячеек идеального смешения и вытеснения в последовательном и параллельном режимах?
14. Дайте определение системы и состояния системы в термодинамике. Какие бывают уравнения состояния?
15. Сформулируйте нулевой и первый законы термодинамики.
16. Охарактеризуйте равновесные и обратимые процессы.
17. Дайте определение химического потенциала и парциальных мольных величин.
18. Что такое фугитивность и активность? Как они используются при описании реальных систем?
19. Объясните закон действующих масс и условия химического равновесия.
20. Как рассчитывается равновесный состав многокомпонентной системы? Какие существуют балансовые ограничения?
21. В чем различие между изотермическим и адиабатическим равновесием?
22. Охарактеризуйте термодинамику фазовых равновесий. Каковы законы Генри и Рауля?
23. Как рассчитываются термодинамические свойства многокомпонентных смесей с использованием современных уравнений состояния?
24. Объясните механизм теплопроводности и конвективного теплообмена. Как записывается уравнение Фурье?
25. Каковы критерии подобия процессов конвективного теплообмена?

26. Охарактеризуйте основные типы теплообменных аппаратов и их назначение.
27. Чем различаются прямоточные и противоточные схемы в теплообменных аппаратах?
28. В чем заключается механизм массообменных процессов? Определите коэффициенты массоотдачи и массопередачи.
29. Как составляются материальные балансы массообменных процессов?
30. Что такое абсорбция и как устроены абсорберы различных типов?
31. Чем отличается физическая абсорбция от хемосорбции?
32. Опишите принцип дистилляции и ректификации. Каковы основные понятия адсорбции и характеристики промышленных адсорбентов?
33. Запишите математическое описание процессов диффузии в однофазной неподвижной среде.
34. Как моделируется диффузия в многокомпонентных системах? Объясните понятие диффузионного потенциала.
35. Приведите классификацию химических реакторов по принципу действия, числу фаз, гидродинамическому и тепловому режимам.
36. Охарактеризуйте проточные и емкостные реакторы, области их применения.
37. В чем особенности работы реакторов с псевдоожиженным слоем катализатора?
38. Как осуществляется учет изменения активности катализатора в реакторах с движущимся или псевдоожиженным слоем?
39. Дайте определение макрокинетики. Каковы основные этапы построения макрокинетической модели?
40. Что такое стехиометрическая и атомная матрица? Как составляются балансы химических элементов?
41. Приведите примеры уравнений скорости сложных реакций.
42. Объясните термодинамическую согласованность кинетического уравнения.
43. Как проводится идентификация кинетических моделей на основе экспериментальных данных?
44. Охарактеризуйте процессы на пористых зернах. Как рассчитывается степень использования внутренней поверхности?
45. Запишите и объясните обобщенные уравнения Дамкелера, их физический смысл и области применения.
46. Каковы основные принципы составления математического описания реактора на основе мольных балансов потоков?
47. Как осуществляется переход к различным интенсивным переменным состояния (парциальные давления, мольные доли и др.)?
48. Объясните понятие объемной скорости и условного времени контакта в химических реакторах.

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

8.1. Основная литература:

1. Карапетьянц, М. Х. Химическая термодинамика. - 3-е изд., пер. и доп. – Москва : Химия, 1975. – 584 с.
2. Шлыков, С. А. Катализ в промышленности. Теория и прикладные каталитические процессы : учебное пособие / Шлыков С. А. — Иваново: ИГХТУ, 2018. — 101 с. — Книга из коллекции ИГХТУ - Химия. — URL: <https://e.lanbook.com/book/127526> (дата обращения: 21.05.2026).

8.2. Дополнительная литература:

1. Кафаров, В. В. Математическое моделирование основных процессов химических производств : учебник для вузов / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 403 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07524-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/586333> (дата обращения: 21.05.2026).

8.3. Интернет-ресурсы:

1. Научная электронная библиотека www.elibrary.ru.
2. Образовательные ресурсы «Единое окно» <http://window.edu.ru/window/library>

3. ЭБС «Юрайт» <https://urait.ru/book>
4. ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/>
5. Платформа «Знаниум» <https://znanium.com/>
6. Институт катализа им. Г.К. Борескова <https://catalysis.ru/> (а) Ермакова А. Методы прикладной термодинамики, применяемые при математическом моделировании химических процессов и реакторов: учебное пособие. Новосибирск, Институт катализа РАН им. Г.К. Борескова, 2002 г. 213с.; б) Малиновская О.А., Бесков В.С., Слинко М.Г. Моделирование каталитических процессов на пористых зернах. Изд. Наука, Сибирское отделение, 1975. и др.)

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости):

При реализации дисциплины используется лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства: Яндекс.Мессенджер, Яндекс.Телемост и Яндекс.Диск, антивирусное ПО Kaspersky; FAR Manager, офисный пакет Р7-Офис.

10. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории, в которых обеспечены проводное подключение ПК к локальной сети и сети Интернет, а также доступ к электронно-библиотечным системам, электронной информационно-образовательной среде, современным профессиональным базам данных и информационно-справочным системам:

Мультиформатная учебная аудитория для проведения лекционных занятий.

Основное оборудование:

- Столы – 38 шт.
- Стулья – 76 шт.
- Рабочее место преподавателя – 1 шт.
- Магнитно-маркерная стеклянная доска (настенная) – 2 шт.
- Двухсторонняя мобильная стеклянная маркерная доска на металлических ножках – 1 шт.
- Двухсторонняя мобильная доска на металлическом основании – 1 шт.
- Технические средства обучения: Интерактивная панель – 1 шт.
- Лазерный проектор – 1 шт.
- Проекционный моторизованный экран – 1 шт.
- ТВ-панель настенная – 2 шт.
- Потолочный микрофонный массив – 2 шт.
- PTZ-камера с автотрекингом – 1 шт.
- Акустическая система – 1 шт.
- ПК в комплекте с монитором – 1 шт.
- Мультимедийная трибуна – 1 шт.
- Сенсорный монитор – 1 шт.
- Настольный микрофон – 1 шт.
- Панель управления аудиторией – 1 шт.
- Система коммутация аудио и видеосигнала – 1 шт.

Мультимедийная учебная аудитория для проведения практических и семинарских занятий.

Основное оборудование:

- Столы – 15 шт.
- Стулья – 30 шт.
- Рабочее место преподавателя – 1 шт.
- Магнитно-маркерная стеклянная доска (настенная) – 2 шт.
- Технические средства обучения: Лазерный проектор – 1 шт.
- Проекционный моторизованный экран – 1 шт.
- Акустическая система – 1 шт.
- ПК типа «моноблок» – 1 шт.

Компьютерный класс (используется для практических занятий, численного моделирования, обработки и визуализации данных, подготовки научных материалов).

Основное оборудование:

- Столы – 30 шт.
- Стулья – 30 шт.
- Рабочее место преподавателя – 1 шт.
- Магнитно-маркерная стеклянная доска (настенная) – 2 шт.
- Технические средства обучения: Лазерный проектор – 1 шт.
- Проекционный моторизованный экран – 1 шт.
- Акустическая система – 1 шт.
- ПК типа «моноблок» – 31 шт.

Помещение для самостоятельной работы.

Основное оборудование:

- Столы – 15 шт.
- Стулья – 30 шт.
- Рабочее место преподавателя – 1 шт.
- Магнитно-маркерная стеклянная доска (настенная) – 2 шт.
- Технические средства обучения: Лазерный проектор – 1 шт.
- Проекционный моторизованный экран – 1 шт.
- Акустическая система – 1 шт.
- ПК типа «моноблок» – 1 шт.

Помещение для самостоятельной работы (коворкинг используется как помещение для самостоятельной работы аспирантов, подготовки публикаций, докладов, отчетов, презентаций и материалов диссертации).

Основное оборудование:

- Столы – 22 шт.
- Кресла – 22 шт.
- Технические средства обучения: ПК типа «моноблок» – 10 шт.

Кабинет для проведения групповых и индивидуальных консультаций.

Основное оборудование:

- Столы – 15 шт.
- Стулья – 30 шт.
- Рабочее место преподавателя – 1 шт.
- Магнитно-маркерная стеклянная доска (настенная) – 2 шт.
- Технические средства обучения: Лазерный проектор – 1 шт.
- Проекционный моторизованный экран – 1 шт.
- Акустическая система – 1 шт.
- ПК типа «моноблок» – 1 шт.

Кабинет для проведения промежуточной и итоговой аттестации.

Основное оборудование:

- Столы – 15 шт.
- Стулья – 30 шт.
- Рабочее место преподавателя – 1 шт.
- Магнитно-маркерная стеклянная доска (настенная) – 1 шт.
- Технические средства обучения: Лазерный проектор – 1 шт.
- Проекционный моторизованный экран – 1 шт.
- Акустическая система – 1 шт.
- ПК типа «моноблок» – 1 шт.

11. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям лиц с ограниченными возможностями

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); индивидуальные задания и консультации.

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания и консультации.

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

12. Методические рекомендации обучающимся по выполнению самостоятельной работы

Регулярное чтение выпусков научных журналов (Катализ в промышленности; Кинетика и катализ и т.п.).

Изучение методических материалов по основному курсу «Органическая химия», «Физическая химия» «Физические методы исследования» по направлению «Химия», спецкурсу «Органический катализ», органическим спецпрактикумам по спектроскопии и хроматографии.