

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

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

А.В. Толстикова

2022 г.



КАТАЛИЗ В НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ
Рабочая программа
для обучающихся по научной специальности 1.4.12. Нефтехимия
форма обучения (очная)

Кремлева Т.А. Катализ в нефтехимических процессах. Рабочая программа для обучающихся по научной специальности 1.4.12. Нефтехимия, форма обучения (очная). Тюмень, 2022.

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 Катализ в нефтехимических процессах опубликована на сайте ТюмГУ: [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Подавляющее большинство нефтехимических процессов требует использования различных катализаторов, поэтому изучение теоретических основ действия катализаторов и возможностей их практического применения является важным аспектом для обучающихся по научной специальности 1.4.12. Нефтехимия.

Цель дисциплины: освоение современных теоретических представлений в области органического катализа, инструментальных методов исследования, применяющихся в нефтехимии и необходимых для эффективного освоения основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура) по специальности Нефтехимия и подготовки кандидатской диссертации.

Задачи дисциплины: освоение аспирантами следующих вопросов:

- теоретические представления в области органического катализа,
- методы исследования катализаторов и каталитических реакций
- каталитические процессы в нефтехимии

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

ПК-14 – способность использовать современную научную аппаратуру и методы, используемые при выполнении научных исследований в области нефтехимии (элементный анализ, газовая и жидкостная хроматография, ИК-, УФ-, ЯМР-спектроскопия и масс-спектрометрия, каталитические установки, методы математического моделирования и статистической обработки данных).

По окончании курса обучающийся должен:

Знать: феноменологию катализа (типы катализаторов и каталитических процессов, их основные характеристики), теоретические представления в области катализа (природа каталитического действия, механизмы каталитических реакций), основные направления использования катализа в нефтехимии.

Уметь: собирать и анализировать научную, технологическую и статистическую информацию; планировать научные исследования в области нефтехимии, обрабатывать экспериментальные данные, подготавливать к публикации статьи и тезисы докладов.

Владеть: современными методами экспериментальных исследований в области нефтехимии, методами синтеза и анализа катализаторов, методами математической статистики и математического моделирования, информационными технологиями, в т.ч. методами работы с компьютером и электронными базами данных.

3. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		4
Общий объем зач. ед. час	3	3
	108	108
Из них:		
Часы аудиторной работы (всего):	22	22
Лекции	12	12
Практические занятия	10	10
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0

Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	50	50
Вид промежуточной аттестации (диф. зачет, кандидатский экзамен, экзамен)	36	Дифференцированный зачет 36

4. Система оценивания

Критерии оценивания работы обучающихся:

- 1) Качество освоения учебного материала (умение аспиранта использовать теоретические знания при выполнении практических задач);
- 2) Проработанность всех аспектов задания, оформление материала в соответствии с требованиями, соблюдение установленных сроков представления работы на проверку;
- 3) Степень самостоятельности, творческой активности, инициативности аспирантов, наличие элементов новизны в процессе выполнения заданий.

Для получения зачета обучающиеся должны освоить теоретические основы каталитических процессов, механизма действия катализаторов, особенностей применения каталитических систем в различных нефтехимических процессах, знать методы исследования структуры и свойств катализаторов.

Оценка *«отлично»* за зачет 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, теоретические основы катализа (строение и реакционная способность интермедиатов, механизмы нефтехимических реакций, строение катализаторов), 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 обучающегося не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины, либо обучающийся отказывается от ответа.

5. Содержание дисциплины

5.1. Тематический план дисциплины

№	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Иные виды контактной работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
	Катализ в нефтехимических процессах	58	12	10	0	36
1	Феноменология катализа	2	2	0	0	
2	Теоретические модели катализа	4	2	2	0	0
3	Структура катализаторов и методы ее анализа	6	2	4	0	0
4	Катализаторы и каталитические процессы в современной нефтехимии	6	4	2	0	0
5	Методы приготовления гетерогенных катализаторов	4	2	2	0	0
6	Консультация перед зачетом	2	0	0	0	2
7	Дифференцированный зачет по дисциплине «Катализ в нефтехимических процессах»	34	0	0	0	34
	Итого (ак.часов)	58	12	10	0	36

5.2. Содержание дисциплины (модуля) по темам

Планы лекционных и практических занятий

Тема 1. Феноменология катализа

Внешние проявления каталитических эффектов в области стехиометрии и механизма, энергетических эффектов и характеристик, кинетике химических превращений. Условия проявления каталитических эффектов. Ограничения явления катализа.

Вопросы к практическим занятиям.

Методы описания катализаторов и каталитических реакций. Схемы каталитических реакций. Каталитические циклы. Каталитическая активность и способы ее количественного выражения. Методы измерения активности. Избирательность и специфичность катализаторов, их типы и методы количественного выражения. Селективность каталитических реакций и селективность катализаторов, их типы и методы количественного выражения.

Методы глобального описания: оператор эволюции и релаксационное уравнение. Спектр релаксации. Элементарные релаксаторы.

Тема 2. Теоретические модели катализа

Локальные и глобальные подходы к задаче описания каталитических явлений. Сравнительный анализ их особенностей, преимуществ и недостатков.

Химические теории катализа. Химическое взаимодействие "субстрат – катализатор", его особенности. Активные центры катализатора, их типы и строение. Каталитические комплексы, их типы, особенности химических связей в каталитических комплексах. Принципы соответствия: электронного, энергетического и геометрического.

Вопросы к практическим занятиям.

Физические теории катализа. Энергетическое взаимодействие "субстрат – катализатор". Деформационный и резонансный типы каталитического действия. Проблема энергетической регенерации катализатора. Рекуперация энергии в каталитических реакциях. Квантово-механическая точка зрения на катализ. Адиабатические и неадиабатические процессы. Разрешенные и запрещенные элементарные химические акты. Правила отбора в синхронных реакциях (симметрия и законы сохранения). Методы снятия запретов. Катализ как релаксационное явление. Релаксация неравновесных систем. Динамические режимы и переходы между ними: критический характер, влияние внешних и внутренних факторов.

Теория катализаторов. Корреляции каталитических свойств веществ с их химическим составом и строением. Методы рационального подбора катализаторов.

Тема 3. Структура катализаторов и методы ее анализа

Химический анализ молекулярных и каркасных катализаторов.

Методы исследования поверхности гетерогенных катализаторов: измерение площади поверхности, измерение поровой структуры, определение кислотно-основных свойств поверхности, определение окислительно-восстановительных свойств поверхности.

Вопросы к практическим занятиям.

Инструментальные методы исследования гетерогенных катализаторов: ИК- и УФ-спектроскопия, рентгеновская спектроскопия, фотоэлектронная спектроскопия, электронно-микроскопические методы.

Тема 4. Катализаторы и каталитические процессы в современной нефтехимии

Гомогенный катализ и его основные особенности. Гомогенные каталитические системы. Гомогенные катализаторы, их типы и строение. Молекулярный характер гомогенных катализаторов.

Газофазный гомогенный катализ. Газообразные системы и каталитические реакции. Примеры газофазного катализа. Механизм каталитического действия.

Жидкофазный гомогенный катализ. Кислотно-основный катализ в растворах. Катализаторы, природа каталитического действия. Типы химических реакций. Примеры каталитических процессов. Металлокомплексный катализ. Комплексы переходных металлов, особенности их состава и строения. Стадии каталитического процесса с участием КПМ, каталитические циклы. Принципы соответствия в металлокомплексном катализе. Примеры реакций: гидрирование, окисление, гидроформилирование, изомеризация.

Гетерогенный металлокомплексный катализ. Гетерогенизация КПМ на твердых носителях. Способы гетерогенизации. Основные особенности строения и каталитического действия гетерогенизированных КПМ.

Гетерогенный катализ и его основные особенности (многофазность и наличие межфазных границ, градиенты концентрации и температуры, процессы переноса вещества и энергии). Типы гетерогенных катализаторов, их особенности. Химический состав (металлы и сплавы, бинарные соединения, сложные соединения, смеси и композиции), физическое строение (тип каркаса или решетки, пористость, величина, строение и текстура поверхности, дефекты состава и структуры), геометрия (межатомные расстояния, тип кристаллической ячейки, размеры и форма кристаллитов, зерен, пор, глобул), электронно-энергетические характеристики (проводники, полупроводники и изоляторы, энергия выхода электронов, теплопроводность, поверхностная энергия, наличие неравновесных и метастабильных структур).

Тема 5. Методы приготовления гетерогенных катализаторов

Методы приготовления гетерогенных катализаторов. Химический синтез, введение добавок (промоторы, сокатализаторы, протекторы), формирование физической структуры, тренировка. Эволюция гетерогенных катализаторов в ходе реакции: явления отравления и разработки, их причины, методы стабилизации и регенерации гетерогенных катализаторов.

Вопросы к практическим занятиям.

Основные стадии гетерогенно-каталитической реакции: диффузия (типы диффузии, кинетические области и кривая Зельдовича, переходы между кинетическими и диффузионными областями), адсорбция (адсорбционно-десорбционное равновесие, его параметры — адсорбционные коэффициенты, теплота адсорбции и др., физическая и химическая адсорбция, конкурентная адсорбция, адсорбированное состояние вещества и его реакционная способность), химические превращения на поверхности (латеральная диффузия и столкновения, типы кинетических механизмов на поверхности, ударные механизмы), принципы соответствия в гетерогенном катализе.

Кинетика гетерогенно-каталитических реакций. Статические и проточные установки. Особенности кинетики в статических установках, учет перемешивания. Особенности кинетики в проточных системах. Кинетические режимы. Стационарные и нестационарные режимы, автоколебания.

Ферментативный катализ. Строение молекул фермента. Особенности взаимодействия в каталитическом комплексе «субстрат — фермент». Основные особенности кинетики ферментативных реакций. Имобилизация ферментов.

Мицеллярный катализ. Поверхностно-активные вещества. Мицеллообразование в водных и органических средах. Распределение реагентов в мицеллярном растворе. Природа каталитического эффекта. Области применения мицеллярного катализа.

Межфазный катализ. Особенности химических реакций в многофазных системах. Процессы переноса через поверхности раздела фаз. Катализаторы-переносчики, механизм их действия.

6. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1	Феноменология катализа	Работа с литературой, источниками
2	Теоретические модели катализа	Работа с литературой, источниками
3	Структура катализаторов и методы ее анализа	Работа с литературой. Подготовка сообщения по теме
4	Катализаторы и каталитические процессы в современной нефтехимии	Работа с литературой. Подготовка сообщения по теме
5	Методы приготовления гетерогенных катализаторов	Работа с литературой. Подготовка сообщения по теме

Чтение обязательной и дополнительной литературы, предусмотренной рабочей программой дисциплины. Контроль — на практическом занятии в устной или письменной форме при обсуждении теоретических вопросов.

Проработка лекций предполагает присутствие обучаемого на лекционных занятиях и конспектирование материала, подготовка презентаций усвоенного лекционного материала.

Контроль – на практическом занятии в устной или письменной форме при обсуждении теоретических вопросов.

Критерии оценки самостоятельной работы аспирантов:

- 1) качество освоения учебного материала (умение использовать теоретические знания при выполнении практических задач);
- 2) проработанность всех аспектов задания, оформление материала в соответствии с требованиями, соблюдение установленных сроков представления работы на проверку;
- 3) степень самостоятельности, творческой активности, инициативности аспирантов, наличие элементов новизны в процессе выполнения заданий.

7. Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю)

7.1 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Форма проведения промежуточной аттестации – дифференцированный зачет. Для получения зачета обучающиеся должны освоить теоретический материал, подготовить и защитить реферат по заданной теме.

Примерная тематика рефератов

1. Химические теории катализа
2. Физические теории катализа
3. Методы описания характеристик катализаторов и каталитических реакций
4. Каркасные гетерогенные катализаторы: строение и применение
5. Нанесенные металлические гетерогенные катализаторы: строение и применение
6. Металлокомплексные катализаторы: строение и применение
7. Ферменты: строение и применение
8. Катализаторы межфазного переноса: строение и применение
9. Основные каталитические процессы: крекинг, пиролиз, гидроформилирование, изомеризация, алкилирование, полимеризация, окисление, метатезис, риформинг.

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: Феноменология катализа

Внешние проявления каталитических эффектов в области стехиометрии и механизма, энергетических эффектов и характеристик, кинетике химических превращений. Условия проявления каталитических эффектов. Ограничения явления катализа.

Вопросы по теме:

Методы описания катализаторов и каталитических реакций.

Схемы каталитических реакций.

Каталитические циклы. Каталитическая активность и способы ее количественного выражения. Методы измерения активности.

Избирательность и специфичность катализаторов, их типы и методы количественного выражения.

Селективность каталитических реакций и селективность катализаторов, их типы и методы количественного выражения.

Методы глобального описания: оператор эволюции и релаксационное уравнение. Спектр релаксации. Элементарные релаксаторы.

Перечень контрольных вопросов для зачета

1. Феноменология катализа. Внешние проявления каталитических эффектов в области стехиометрии и механизма, энергетических эффектов и характеристик, кинетике химических превращений. Условия проявления каталитических эффектов.
2. Методы описания катализаторов и каталитических реакций. Схемы каталитических реакций. Каталитические циклы. Каталитическая активность и способы ее количественного выражения. Методы измерения активности. Избирательность и специфичность катализаторов, их типы и методы количественного выражения. Селективность каталитических реакций и селективность катализаторов, их типы и методы количественного выражения.
3. Теоретические модели катализа. Локальные и глобальные подходы к задаче описания каталитических явлений. Сравнительный анализ их особенностей, преимуществ и недостатков.
4. Химические теории катализа. Химическое взаимодействие "субстрат – катализатор", его особенности. Активные центры катализатора, их типы и строение. Каталитические комплексы, их типы, особенности химических связей в каталитических комплексах. Принципы соответствия: электронного, энергетического и геометрического.
5. Физические теории катализа. Энергетическое взаимодействие "субстрат – катализатор". Деформационный и резонансный типы каталитического действия. Проблема энергетической регенерации катализатора. Рекуперация энергии в каталитических реакциях.
6. Квантово-механическая точка зрения на катализ. Адиабатические и неадиабатические процессы. Разрешенные и запрещенные элементарные химические акты. Правила отбора в синхронных реакциях (симметрия и законы сохранения). Методы снятия запретов.
7. Катализ как релаксационное явление. Релаксация неравновесных систем. Динамические режимы и переходы между ними: критический характер, влияние внешних и внутренних факторов.
8. Теория катализаторов. Корреляции каталитических свойств веществ с их химическим составом и строением. Методы рационального подбора катализаторов.
9. Методы исследования поверхности гетерогенных катализаторов: измерение площади поверхности, измерение поровой структуры, определение кислотно-основных свойств поверхности, определение окислительно-восстановительных свойств поверхности.
10. Инструментальные методы исследования гетерогенных катализаторов: ИК- и УФ-спектроскопия, рентгеновская спектроскопия, фотоэлектронная спектроскопия, электронно-микроскопические методы.
11. Гомогенный катализ и его основные особенности. Гомогенные каталитические системы. Гомогенные катализаторы, их типы и строение. Молекулярный характер гомогенных катализаторов. Газофазный гомогенный катализ. Газообразные системы и каталитические реакции. Примеры газофазного катализа. Механизм каталитического действия. Жидкофазный гомогенный катализ. Кислотно-основный катализ в растворах. Катализаторы, природа каталитического действия. Типы химических реакций. Примеры каталитических процессов. Металлокомплексный катализ. Комплексы переходных металлов, особенности их состава и строения. Стадии каталитического процесса с участием КПП, каталитические циклы. Принципы соответствия в металлокомплексном катализе. Примеры реакций: гидрирование, окисление, гидроформилирование, изомеризация.
12. Гетерогенный металлокомплексный катализ. Гетерогенизация КПП на твердых носителях. Способы гетерогенизации. Основные особенности строения и каталитического действия гетерогенизированных КПП.
13. Гетерогенный катализ и его основные особенности (многофазность и наличие межфазных границ, градиенты концентрации и температуры, процессы переноса вещества и энергии).
14. Типы гетерогенных катализаторов, их особенности. Химический состав (металлы и сплавы, бинарные соединения, сложные соединения, смеси и композиции), физическое строение (тип каркаса или решетки, пористость, величина, строение и текстура поверхности,

дефекты состава и структуры), геометрия (межатомные расстояния, тип кристаллической ячейки, размеры и форма кристаллитов, зерен, пор, глобул), электронно-энергетические характеристики (проводники, полупроводники и изоляторы, энергия выхода электронов, теплопроводность, поверхностная энергия, наличие неравновесных и метастабильных структур).

15. Методы приготовления гетерогенных катализаторов. Химический синтез, введение добавок (промоторы, сокатализаторы, протекторы), формирование физической структуры, тренировка. Эволюция гетерогенных катализаторов в ходе реакции: явления отравления и разработки, их причины, методы стабилизации и регенерации гетерогенных катализаторов.

16. Основные стадии гетерогенно-каталитической реакции: диффузия (типы диффузии, кинетические области и кривая Зельдовича, переходы между кинетическими и диффузионными областями), адсорбция (адсорбционно-десорбционное равновесие, его параметры — адсорбционные коэффициенты, теплота адсорбции и др., физическая и химическая адсорбция, конкурентная адсорбция, адсорбированное состояние вещества и его реакционная способность), химические превращения на поверхности (латеральная диффузия и столкновения, типы кинетических механизмов на поверхности, ударные механизмы).

17. Принципы соответствия в гетерогенном катализе.

18. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций. Статические и проточные установки. Особенности кинетики в статических установках, учет перемешивания. Особенности кинетики в проточных системах. Кинетические режимы. Стационарные и нестационарные режимы, автоколебания.

19. Ферментативный катализ. Строение молекул фермента. Особенности взаимодействия в каталитическом комплексе «субстрат — фермент». Основные особенности кинетики ферментативных реакций. Имобилизация ферментов.

20. Мицеллярный катализ. Поверхностно-активные вещества. Мицеллообразование в водных и органических средах. Распределение реагентов в мицеллярном растворе. Природа каталитического эффекта. Области применения мицеллярного катализа.

21. Межфазный катализ. Особенности химических реакций в многофазных системах. Процессы переноса через поверхности раздела фаз. Катализаторы-переносчики, механизм их действия.

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

8.1 Литература:

1. Потехин, В. М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки : учебник / В. М. Потехин, В. В. Потехин. — 3-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 896 с. — ISBN 978-5-8114-1662-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168720> (дата обращения: 27.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.»

2. Загоруйко, А. Н. Структурированные каталитические системы на основе стекловолоконистых катализаторов : монография / А. Н. Загоруйко, С. А. Лопатин. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. - 207 с. - (Серия «Монографии НГТУ»). - ISBN 978-5-7782-3720-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1868881> (дата обращения: 27.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

8.2 Дополнительная литература:

1. Голубева, И. А. Газоперерабатывающие предприятия России : монография / И. А. Голубева, И. В. Мещерин, Е. В. Родина ; под редакцией А. Л. Лапидуса. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 456 с. — ISBN 978-5-8114-9439-2. — Текст : электронный //

Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/195421> (дата обращения: 27.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Арабов, М. Ш. Процессы и агрегаты при переработке газа и нефти с кислыми компонентами : учебное пособие для вузов / М. Ш. Арабов, З. М. Арабова, С. М. Арабов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 260 с. — ISBN 978-5-8114-9006-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/208451> (дата обращения: 27.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Агибалова, Н. Н. Технология и установки переработки нефти и газа. Свойства нефти и нефтепродуктов : учебное пособие / Н. Н. Агибалова. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 124 с. — ISBN 978-5-8114-4285-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/138153> (дата обращения: 27.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Темкин, О. Н. Гомогенный металлокомплексный катализ: кинетические аспекты / О. Н. Темкин. - Москва : Академкнига, 2008. - 918 с.

5. Смит, В. Основы современного органического синтеза / В. А. Смит, А. Д. Дильман. - Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2009. - 750 с.

6. Старцев, А. Н. Сульфидные катализаторы гидроочистки: синтез, структура, свойства / А. Н. Старцев; отв. ред. В. И. Бухтияров ; РАН СО, Ин-т катализа им. Г. К. Борескова. - Новосибирск: ГЕО, 2007. - 206 с.

8.3 Интернет-ресурсы:

<https://znanium.com/>

<https://e.lanbook.com/>

<http://www.iprbookshop.ru/>

<https://library.utmn.ru/>

<https://icdlib.nspu.ru/>

<https://rusneb.ru/>

<https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

<https://www.prlib.ru/>

Базы данных, доступные в рамках национальной подписки

<https://rd.springer.com/>

<https://onlinelibrary.wiley.com/>

<https://www.jstor.org/>

<https://www.cambridge.org/core>

Российские базы данных:

<https://grebennikon.ru/>

<https://dlib.eastview.com/browse>

<https://eduvideo.online/>

<https://www.iprbookshop.ru/>

<https://urait.ru/>

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

MS Office, платформа для электронного обучения Microsoft Teams.

Использование типовых компьютерных программ (Excel, Word, PowerPoint) для решения вычислительных задач, составления отчетов и презентаций.

10. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Для самостоятельной работы аспирантов необходим доступ в компьютерный класс, имеющий выход в Интернет.

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 обзорных журналов по нефтехимии (Нефтехимия, Вестник Омского университета, Вестник Томского университета, Вестник ТюмГУ, Известия ВУЗов. Химия и химическая технология, Известия РАН. Серия химическая, Экологическая химия).

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

Самостоятельное планирование и исследований в области каталитических нефтехимических процессов.