

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Химический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Каталитические технологии защиты окружающей среды

Кафедра неорганической химии и химической экологии
химический факультет

Образовательная программа

18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль подготовки

Охрана окружающей среды и рациональное использование природных
ресурсов

Уровень высшего образования

Магистратура

Форма обучения

Очно-заочная

Статус дисциплины: входит в часть ОПОП, формируемую участниками
образовательных отношений, дисциплина по выбору

Махачкала, 2021

Рабочая программа дисциплины «Каталитические технологии защиты окружающей среды» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки **18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** (уровень магистратуры), утвержденный приказом Минобрнауки России от «07» августа 2020 г. №909.

Разработчик: кафедра экологической химии и технологии, Исаев А.Б. к.х.н., доцент.

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры неорганической химии и химической экологии
от «26» 01 2021г., протокол № 5

Зав. кафедрой  Исаев А.Б.
(подпись)

на заседании Методической комиссии химического факультета
от «19» 02 2021г., протокол № 6

Председатель  Гасангаджиева У.Г.
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим
управлением « 03 » 03 2021г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.
(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Каталитические технологии защиты окружающей среды» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, является дисциплиной по выбору ОПОП магистратуры по направлению 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Дисциплина реализуется на химическом факультете кафедрой неорганической химии и химической экологии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теоретическими основами катализа, катализаторами, технологией их получения и подбора, использования каталитических технологий для обезвреживания газообразных отходов и очистки сточных вод.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: профессиональных – ПК-7, ПК-10.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме – контрольная работа, коллоквиум и промежуточный контроль в форме зачета, экзамена.

Объем дисциплины 4 зачетных единиц, в том числе 144 академических часов по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференциро- ванный зачет, экзамен)	
	в том числе:									
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					КСР			консультации
		всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР				
3	144	32	10	22			112	зачет, экзамен		

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Каталитические технологии защиты окружающей среды» является формирование знаний о каталитических процессах, их использования для создания экологически чистых технологий переработки органических энергоносителей и очистке газообразных выбросов, сточных вод с использованием каталитических технологий.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Каталитические технологии защиты окружающей среды» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, является дисциплиной по выбору ОПОП магистратуры по направлению 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии и является дисциплиной по выбору.

До освоения дисциплины «Каталитические технологии защиты окружающей среды» должны быть изучены следующие дисциплины «Физическая химия», «Массообменные процессы и аппараты», «Промышленная экология», «Охрана воздушного бассейна и утилизация газообразных выбросов», «Основы теории эксперимента и математической обработки результатов» и т.д.

При изучении указанных дисциплин формируются «входные» знания, умения, опыт и компетенции, необходимые для успешного освоения дисциплины «Каталитические технологии защиты окружающей среды».

Дисциплина «Каталитические технологии защиты окружающей среды» является основой для осуществления научно-исследовательской работы, выполнения их магистерской диссертации, а также других дисциплин из учебного плана магистров.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ПК-7. Способен оценивать инновационный и технологический риски при внедрении новых технологий утилизации отходов, очистки сточных вод и газообразных выбросов	ПК-7.1. Способен анализировать новые технологии утилизации отходов, очистки сточных вод и газообразных выбросов с целью выявления экологических и технологических рисков	Знает: технологии утилизации отходов и системы обеспечения экологической безопасности производства Умеет: решать задачи определения рисков технологических процессов утилизации отходов, очистки сточных вод и газообразных выбросов; оценивать эффективность управления экологической безопасностью предприятия в соответствии с отечественными и зарубежными экологическими стандартами; Владеет: навыками эксплуатации современного оборудования по переработке отходов, очистки сточных	Устный опрос, письменный опрос Контрольная работа, Зачет экзамен

		вод и газообразных выбросов; навыками организации работы коллектива исполнителей по обеспечению экологической безопасности предприятия с минимальными рисками	
	ПК-7.2. Способен разрабатывает методы утилизации отходов при внедрении новых технологий	Знает: воздействие техногенных отходов и технологий их утилизации на объекты окружающей среды с учетом физико-химических процессов Умеет: создавать технологии переработки техногенных отходов с использованием знаний о физико-химических процессах, протекающих при их утилизации и попадании в окружающую среду Владеет: навыками реализации различных мероприятий по предотвращению попадания отходов в окружающую среду с использованием представлений о физико-химических процессах переработки отходов	Устный опрос, письменный опрос Контрольная работа, Зачет экзамен
	ПК-7.3. Применяет инструменты оценки рисков при внедрении новых технологий	Знает: методологические подходы к созданию модели систем повторного использования отходов с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения. Умеет: создавать модели систем повторного использования отходов с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения. Владеет: навыками создания инновационных систем переработки техногенных отходов.	Устный опрос, письменный опрос Контрольная работа, Зачет экзамен
ПК-10. Владеет знаниями технологий глубокой переработки отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства и способен их разрабатывать в том числе с использованием биотехнологий	ПК-10.1 Владеет знаниями об инновационных технологиях переработки отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства	Знает: условия образования отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства, основные их физико-химические и химические характеристики. Умеет: определять возможность использования тех или иных методов обезвреживания отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства с позиций повышения экологической безопасности. Владеет: навыками расчетов основных технологических процессов утилизации отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства	Устный опрос, письменный опрос Контрольная работа, Зачет экзамен
	ПК-10.2 Способен разрабатывать технологии переработки отходов с учетом современных достижений науки и техники в том числе с	Знает: технологии утилизации отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства и системы обеспечения экологической безопасности производства с учетом современных достижений науки и техники, в том числе с использованием	Устный опрос, письменный опрос Контрольная работа, Зачет

	использованием биотехнологий	биотехнологий Умеет: создавать технологии утилизации отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства и системы обеспечения экологической безопасности производства с учетом современных достижений науки и техники, в том числе с использованием биотехнологий Владеет: приемами и методами разработки элементов технологии утилизации отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства и организации экологической безопасности производства с учетом современных достижений науки и техники, в том числе с использованием биотехнологий	экзамен
	ПК-10.3 Владеет знаниями о биологических методах очистка муниципальных сточных вод и переработки отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства	Знает: существующие способы биологической очистки муниципальных сточных вод и переработки отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства Умеет: осуществлять расчеты для разработки технических заданий при проектировании и изготовления оборудования по биологической очистке муниципальных сточных вод и переработки отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства Владеет: навыками анализа процессов биологической очистки муниципальных сточных вод и переработки отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства и разработке рекомендаций по улучшению эффективности процесса на основе научных исследований и современных достижений	Устный опрос, письменный опрос Контрольная работа, Зачет экзамен

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной
-------	---------------------------	---------	--	------------------------	---

			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		аттестации (по семестрам)
Модуль 1. Основы катализа								
1	Теоретические основы катализа	3	1		4		14	Устный опрос, домашняя работа
2	Катализаторы и технологии их получения и исследования	3	1		4		12	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
<i>Итого по модулю 1:</i>			2		8		26	Коллоквиум
Модуль 2. Каталитические технологии и принципы «зеленой химии»								
1	Каталитические технологии переработки сырья	3	2		2		14	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
2	Экологически чистые каталитические технологии	3	2		4		12	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
<i>Итого по модулю 2:</i>			4		6		26	Коллоквиум
Модуль 3. Использование катализа в защите окружающей среды								
1	Использования катализа для обезвреживания газообразных отходов	3	2		4		12	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
2	Каталитические технологии очистки сточных вод	3	2		4		12	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
<i>Итого по модулю 3:</i>			4		8		24	Коллоквиум
Модуль 4. Подготовка к экзамену								
1	Подготовка к экзамену	3					36	зачет, экзамен
<i>Итого по модулю 4:</i>							36	зачет, экзамен
ИТОГО:			10		22		112	зачет, экзамен

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Основы катализа

Тема 1. Теоретические основы катализа. Введение. Катализ, основные понятия. Классификация катализа. Кинетика протекания каталитических реакций. Гомогенный катализ. Гетерогенные каталитические реакции. Основные каталитические реакции. Каталитическое окисление спиртов, кислот. Каталитическое гидрирование и дегидрирование. Каталитические реакции разложения органических соединений. Механизм протекания каталитических реакций.

Тема 2. Катализаторы и технологии их получения и исследования. Свойства твердых тел и каталитическая активность. Влияние параметров кристаллической решетки на каталитическую активность. Закономерности подбора катализаторов. Классификация катализаторов. Цеолиты. Катализ цеолитами. Носители катализаторов. Оксидные и смешанные катализаторы. Принципы синтеза катализаторов. Исследование физико-химических характеристик катализаторов. Определение каталитической активности. Понятие о дезактивации катализаторов. Современные достижения в области получения и исследования катализаторов.

Модуль 2. Каталитические технологии и принципы «зеленой химии»

Тема 3. Каталитические технологии переработки сырья. Каталитические технологии производства топлива. Каталитическая переработка нефти и нефтепродуктов. Каталитический крекинг. Алкилирование углеводородов. Каталитическая изомеризация углеводородов. Каталитическая переработка метана и угля. Каталитические технологии получения биотоплива.

Тема 4. Экологически чистые каталитические технологии. Зеленая химия. Основные принципы «зеленой химии». Катализ, как инструмент «зеленой химии». Создание малоотходных и безотходных технологий производства химических соединений. Каталитическое гидрирование. Каталитическое сжигание топлива. Металлокомплексные каталитические системы. Использование наноразмерных катализаторов. Глубокая переработка нефтепродуктов, как экологически чистая технология. Природоохранные технологии на основе каталитических процессов. Современные достижения в области катализа и его использование для глубокой переработки сырья и получения химических соединений.

Модуль 3. Использование катализа в защите окружающей среды

Тема 5. Использование катализа для обезвреживания газообразных отходов. Экологические проблемы тепловой энергетики. Использование каталитических технологий для очистки газообразных выбросов. Очистка отходящих газов промышленных производств. Каталитическая очистка выхлопных газов автомобильных двигателей. Каталитическое окисление сероводорода и оксидов серы. Каталитическое удаление оксидов азота. Современные достижения по каталитической очистке газовых выбросов.

Тема 6. Каталитические технологии очистки сточных вод. Современные окислительные процессы (advanced oxidation process). Каталитические жидкофазные методы очистки сточных вод. Каталитическое окисление хлорсодержащих органических соединений. Каталитическая очистка сточных вод от фенола и красителей. Электрокаталитическое окисление органических соединений. Фотокаталитическое окисление органических соединений. Фотоэлектрокаталитическое окисление. Современные достижения в области каталитических технологий очистки сточных вод.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.

Модуль 1. Основы катализа

Тема 1. Теоретические основы катализа. Каталитическое разложение пероксида водорода.

Тема 2. Катализаторы и технологии их получения и исследования. Получение катализаторов на основе диоксида кремния как носителя и оксидов металлов и исследование их физико-химических свойств.

Модуль 2. Каталитические технологии и принципы «зеленой химии»

Тема 3. Каталитические технологии переработки сырья. Изучение адсорбции органических соединений.

Тема 4. Экологически чистые каталитические технологии. Исследование кинетики электрокаталитического окисления органических соединений.

Модуль 3. Использование катализа в защите окружающей среды

Тема 5. Использование катализа для обезвреживания газообразных отходов. Каталитическое окисление оксида углерода (II).

Тема 6. Каталитические технологии очистки сточных вод. Исследование кинетики жидкофазного каталитического окисления фенола.

5. Образовательные технологии

Рекомендуемые образовательные технологии:

- ✓ на лекциях используется демонстративный материал в виде презентаций;
- ✓ решение ситуационных задач;
- ✓ расчетные работы выполняются студентами самостоятельно под контролем и с консультацией преподавателя.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с запланированными ошибками), определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 12 часов аудиторных занятий. При чтении данного курса применяются такие виды лекций, как вводная, лекция-информация, обзорная, проблемная, лекция-визуализация. Занятия лекционного типа (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция) составляют 30% аудиторных занятий.

Для аттестации студентов по каждому модулю должны проводиться контрольные работы. В качестве итогового контроля проводится зачет и экзамен.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

6.1. Виды и порядок выполнения самостоятельной работы

1. Изучение рекомендованной литературы.

2. Поиск в интернете дополнительного материала
3. Подготовка к отчетам по лабораторным работам.
4. Решение экспериментальных и расчетных задач.
5. Подготовка к коллоквиуму.
6. Подготовка к зачету.
7. Подготовка к экзамену.

№	Вид самостоятельной работы	Вид контроля	Учебно-методич. обеспечение
1.	Подготовка к отчетам по лабораторным работам	Проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале и проработки вопросов к текущей теме по рекомендованной литературе.	См. разделы 7, 8, 9 данного документа
2.	Решение экспериментальных и расчетных задач	Проверка домашних заданий.	См. разделы 7, 8, 9 данного документа
3.	Подготовка к коллоквиуму	Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.	См. разделы 7, 8, 9 данного документа
4.	Подготовка к зачету.	Устный или письменный опрос, либо компьютерное тестирование.	См. разделы 7, 8, 9 данного документа
5.	Подготовка к экзамену.	Компьютерное тестирование или опрос по экзаменационным билетам	См. разделы 7, 8, 9 данного документа

1. Текущий контроль: подготовка к отчетам по лабораторным работам.
2. Текущий контроль: решение экспериментальных и расчетных задач.
3. Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.

Текущий контроль успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу лабораторных занятий, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня восприятия. Результаты устного опроса учитываются при выборе индивидуальных задач для решения. Каждую неделю осуществляется проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале.

Промежуточный контроль проводится в форме контрольной работы, в которой содержатся теоретические вопросы и задачи.

Итоговый контроль проводится либо в виде устного экзамена, либо в форме тестирования.

Оценка «отлично» ставится за уверенное владение материалом курса.

Оценка «хорошо» ставится при полном выполнении требований к прохождению курса и умении ориентироваться в изученном материале.

Оценка «удовлетворительно» ставится при достаточном выполнении требований к прохождению курса и владении конкретными знаниями по программе курса.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если требования к прохождению курса не выполнены и студент не может показать владение материалом.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Типовые контрольные задания

Контрольные вопросы

1. Катализ, основные понятия.
2. Классификация катализа.
3. Кинетика протекания каталитических реакций.
4. Гомогенный катализ.
5. Гетерогенные каталитические реакции.
6. Каталитическое окисление спиртов, кислот.
7. Каталитическое гидрирование и дегидрирование.
8. Каталитические реакции разложения органических соединений.
9. Механизм протекания каталитических реакций.
10. Свойства твердых тел и каталитическая активность.
11. Влияние параметров кристаллической решетки на каталитическую активность.
12. Закономерности подбора катализаторов.
13. Классификация катализаторов.
14. Цеолиты. Катализ цеолитами.
15. Носители катализаторов.
16. Оксидные и смешанные катализаторы.
17. Принципы синтеза катализаторов.
18. Исследование физико-химических характеристик катализаторов.
19. Определение каталитической активности.
20. Понятие о дезактивации катализаторов.
21. Современные достижения в области получения и исследования катализаторов.
22. Каталитические технологии производства топлива.
23. Каталитическая переработка нефти и нефтепродуктов.
24. Каталитический крекинг.
25. Каталитическое алкилирование углеводородов.
26. Каталитическая изомеризация углеводородов.
27. Каталитическая переработка метана и угля.
28. Каталитические технологии получения биотоплива.
29. Зеленая химия. Основные принципы «зеленой химии».
30. Катализ, как инструмент «зеленой химии».
31. Создание малоотходных и безотходных технологий производства химических соединений.
32. Каталитическое сжигание топлива.
33. Металлокомплексные каталитические системы.
34. Использование наноразмерных катализаторов.
35. Глубокая переработка нефтепродуктов, как экологически чистая технология.
36. Природоохранные технологии на основе каталитических процессов.

37. Современные достижения в области катализа и его использование для глубокой переработки сырья и получения химических соединений.
38. Экологические проблемы тепловой энергетики.
39. Использование каталитических технологий для очистки газообразных выбросов.
40. Очистка отходящих газов промышленных производств.
41. Каталитическая очистка выхлопных газов автомобильных двигателей.
42. Каталитическое окисление сероводорода и оксидов серы.
43. Каталитическое удаление оксидов азота.
44. Современные достижения по каталитической очистке газовых выбросов.
45. Современные окислительные процессы (advanced oxidation process).
46. Каталитические жидкофазные методы очистки сточных вод.
47. Каталитическое окисление хлорсодержащих органических соединений.
48. Каталитическая очистка сточных вод от фенола и красителей.
49. Электрокаталитическое окисление органических соединений.
50. Фотокаталитическое окисление органических соединений.
51. Фотоэлектрокаталитическое окисление.
52. Современные достижения в области каталитических технологий очистки сточных вод.

Вопросы для коллоквиумов

1. Катализ и экология.
2. Катализ, основные понятия.
3. Каталитические процессы и защита окружающей среды.
4. Классификация катализа.
5. Гомогенный катализ.
6. Гетерогенные каталитические реакции.
7. Каталитические реакции разложения органических соединений.
8. Свойства твердых тел и каталитическая активность.
9. Классификация катализаторов.
10. Носители катализаторов.
11. Оксидные и смешанные катализаторы.
12. Определение каталитической активности.
13. Дезактивация катализаторов.
14. Достижения в области получения и исследования катализаторов.
15. Зеленая химия. Основные принципы «зеленой химии».
16. Катализ, как инструмент «зеленой химии».
17. Создание малоотходных и безотходных технологий производства химических соединений.
18. Природоохранные технологии на основе каталитических процессов.
19. Достижения в области катализа и его использование для глубокой переработки сырья и получения химических соединений.
20. Каталитические технологии для очистки газообразных выбросов.
21. Каталитическая очистка выхлопных газов автомобильных двигателей.
22. Каталитическое окисление сероводорода и оксидов серы.
23. Достижения по каталитической очистке газовых выбросов.
24. Современные окислительные процессы (advanced oxidation process).
25. Каталитические жидкофазные методы очистки сточных вод.
26. Достижения в области каталитических технологий очистки сточных вод.

Типовые расчетные задачи

1. Адсорбция азота на слюде при 90 К хорошо описывается изотермой Лэнгмюра. При давлениях 5 и 20 бар величина адсорбции (в мм^3 при стандартных условиях) составляет 18 и 30 соответственно. Найти максимальное количество азота, которое может адсорбироваться при этой температуре.

2. Энергия активации для прыжка из одной элементарной ячейки поверхности в другую элементарную ячейку $E_a=20$ ккал/моль. Оценить, на какое расстояние в среднем сместится адсорбированная частица за 10 сек при $T = 400$ К.

3. На однородной поверхности протекает бимолекулярная реакция $A+B \rightarrow C$ (газ). Частицы В расположены на поверхности в виде непересекающихся островков одинакового радиуса, остальная часть поверхности занята частицами А. Реакция протекает на границах островков в кинетическом режиме, то есть реакция не лимитируется диффузией частиц А к островкам. Найти зависимость покрытия (θ_A , θ_B) поверхности реагентами от времени.

4. Двухатомная молекула может при адсорбции ориентироваться параллельно поверхности, занимая два места, и перпендикулярно, занимая одно адсорбированное место. В духе модели Лэнгмюра вывести уравнение изотермы адсорбции.

5. Оценить теплоту адсорбции криптона на древесном угле, используя следующие величины количества адсорбированного газа (в единицах 10^{13} мол/см²)

T, К	5торр	15торр
273,2	0,7	2,0
193,5	3,9	7,6

При оценке пользоваться изотермой Лэнгмюра. Оценить стандартную энтропию адсорбции

6. На поверхности цеолитного катализатора присутствуют два вида адсорбционных центров молекул диоксида хлора. Найти равновесную долю активных центров каждого вида, занятых молекулами ClO_2 , если константы адсорбционного равновесия для активных центров первого и второго вида связаны соотношением $(K_1/K_2) = 4$, а половина общего числа активных центров катализатора в равновесии свободна. Концентрации активных центров первого и второго типов на поверхности одинаковы.

7. Первой стадией приготовления нанесенных катализаторов часто является стадия закрепления предшественника активного компонента на поверхности носителя путем взаимодействия с поверхностными функциональными группами.

Напишите возможные химические реакции, протекающие при сорбции TiCl_4 из неводных растворов на поверхности SiO_2 и MgO .

Химический анализ показал, что после сорбции и последующего вакуумирования атомное соотношение Cl/Ti в полученных катализаторах равно соответственно 2 и 4. С помощью метода ИК-спектроскопии установлено, что процесс сорбции сопровождается исчезновением полос гидроксильных групп. Дополнительно известно, что триэтилалюминий (ТЭА) не реагирует с оксидом магния, но прочно закрепляется на поверхности силикагеля.

Напишите реакцию; как определить тип ОН-групп по данной реакции.

8. Для необратимой реакции первого порядка $A \rightarrow B$ скорость реакции, измеренная в проточно-циркуляционной установке, равна $0,2 \text{ см}^3 \text{ н.у./г-кат. с}$ при $P_A = 0,25$ атм. Определить загрузку катализатора в реактор идеального вытеснения, чтобы достичь степени превращения 50% при скорости потока газа 50 л/час.

9. Константа скорости окисления сероводорода на оксидном катализаторе, определенная в кинетической области при 200°C , оказалась равной 7 с^{-1} , а энергия активации составила 83 кДж/моль. На промышленном зерне реакция протекает в области внутренней диффузии. Степень использования поверхности равна 0,1. В промышленном аппарате реакция идет при 300°C . Конверсия должна быть не ниже 95%. Расход газа $10^3 \text{ м}^3/\text{час}$. Определить необходимую загрузку катализатора.

10. Каталитическое гидрирование I-гексена на твердом пористом катализаторе в избытке

H_2 протекает по 1-му порядку с $E_{\text{акт}}=100$ кДж/ моль, $T=500\text{K}$. С повышением температуры реакция переходит во внутридиффузионную, затем - внешнедиффузионную область. Как изменится $E_{\text{акт}}$ и кинетический закон реакции?

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 20 баллов,
- выполнение лабораторных заданий (допуск, выполнение, сдача работ) – 60 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 20 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

письменная контрольная работа - 100 баллов.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализа: [учеб. пособие по специальности 011000 "Химия" и направлению 510500 "Химия"] / Байрамов В.М.; под ред. В.В.Лунина. - М.: Academia, 2003. - 253 с.

2. Ташмухамбетова Ж.Х. Основы теории каталитических нефтехимических производств [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ж.Х. Ташмухамбетова, Е.А. Аубакиров. - Электрон. текстовые данные. - Алматы: Казахский национальный университет им. аль-Фараби, 2013. - 131 с. - 978-601-04-0080-1. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/70402.html>.

3. Ипатьев, В.Н. Каталитические реакции при высоких температурах и давлениях. 1900 - 1933 / В.Н. Ипатьев. - Москва; Ленинград: Изд-во Акад. наук СССР, 1936. - 340 с. - ISBN 978-5-4460-3857-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=113345>

б) дополнительная литература:

1. Бесков В.С. Моделирование каталитических процессов и реакторов / Бесков В.С., Флокк, Вольфганг. - М.: Химия, 1991. - 252 с.

2. Байрамов В.М. Химическая кинетика и катализ: примеры и задачи с решениями: [учеб. пособие по специальности 011000 "Химия"] / Байрамов В.М. - М.: Academia, 2003. - 320 с.

3. Катализ и производство катализаторов Колесников И.М., - Техника, 2004, - 399 с. То же [Электронный ресурс]: https://нэб.пф/catalog/000200_000018_RU_NLR_bibl_512526/

4. Калинин, И.А. Катализ (ускорители химических реакций) / И.А. Калинин; ред. К.В. Чмутова. - Москва: Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1955. - 41 с. - (Научно-популярная библиотека. Выпуск 80).; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=108745>

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. — Москва, 1999. Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>. — Яз. рус., англ.
2. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучения: [база данных] / Даг. гос. ун-т. — Махачкала, г. — Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. — URL: <http://moodle.dgu.ru/>
3. Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. — Махачкала, 2010 — Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный
4. Национальная электронная библиотека (НЭБ) [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Нац. электрон. б-ка. — Москва — .Режим доступа: <https://нэб.рф>. — Яз. рус., англ.
5. ProQuest Dissertation & Theses Global (PQDT Global) [Электронный ресурс]: база данных зарубежных диссертаций. — Режим доступа: <http://search.proquest.com/>
6. Springer Nature [Электронный ресурс]: электронные ресурсы издательства SpringerNature - Режим доступа: <https://link.springer.com/>
<https://www.nature.com/siteindex/index.html>
<http://materials.springer.com/>
<http://www.springerprotocols.com/>
<https://goo.gl/PdhJdo>
<https://zbmath.org/>. — Яз., англ.
7. Королевское химическое общество (Royal Society of Chemistry) [Электронный ресурс]: журналы издательства. — Режим доступа: <http://pubs.rsc.org/>. — Яз., англ.
8. Американское химическое общество (ACS) [Электронный ресурс]: база данных полнотекстовых научных журналов Американского химического общества (ACS) коллекции Core+. — Режим доступа: <http://pubs.acs.org>. — Яз., англ.
9. American Physical Society (APS) [Электронный ресурс]: журналы издательства American Physical Society (Американского физического общества). - Режим доступа: <http://journals.aps.org/about>. — Яз., англ.
10. SAGE Premier [Электронный ресурс]: электронные ресурсы издательства SAGE Premier. — Режим доступа: <http://journals.sagepub.com/>. — Яз., англ.
11. Журнал «Катализ в промышленности»
<http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1556908>
12. Журнал «Химия в интересах устойчивого развития»
<http://www.sibran.ru/journals/KhUR/>

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Лекционный курс. В ходе лекционного курса проводится систематическое изложение современных научных материалов, с целью формирования у студентов знаний и умений в области процессов и аппаратов в химической технологии. В тетради для конспектирования лекций записи должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспекте рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникшие у студентов в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях, и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Студенту необходимо активно работать с конспектом лекций: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций следует использовать при подготовке к практическим занятиям экзамену, модульным контрольным, при выполнении самостоятельных заданий.

Лабораторные занятия. Перед началом лабораторных занятий, студент должен самостоятельно изучить методику выполнения и получить допуск у преподавателя. В ходе лабораторных занятий студент под руководством преподавателя выполняет лабораторные задания, позволяющие закрепить лекционный материал по изучаемой теме, научиться выполнять статистическую обработку полученных данных, научиться работать с методиками, руководящими документами, информацией различного уровня. Студент должен вести активную познавательную работу. Целесообразно строить ее в форме наблюдения, эксперимента и конспектирования. Важно научиться включать вновь получаемую информацию в систему уже имеющихся знаний. Необходимо также анализировать материал для выделения общего в частном и, наоборот, частного в общем.

Самостоятельная работа выполняется студентом в виде конспектирования первоисточника, закрепления материала при выполнении практических работ по теме. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет, экзамен). При этом проводится: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Моделирование реакторов каталитических реакций	
Каскадные каталитические реакции.	
Физическая и химическая адсорбция на поверхности твердых тел	
Роль электронов в каталитических свойствах твердых тел	
Свойства твердого тела и каталитическая активность в кислотно-основных реакциях	
Кислотно-основные реакции	
Каталитические реакции полимеризации	

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Каталитические технологии защиты окружающей среды» используются следующие информационные технологии:

- Занятия компьютерного тестирования.
- Демонстрационный материал применением проектора и интерактивной доски.
- Компьютерные программы для статистической обработки результатов анализа.
- Программы пакета Microsoft Office

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

В соответствии с требованиями ФГОС 3+ кафедра имеет специально оборудованную учебную аудиторию для проведения лекционных занятий по потокам студентов, помещения для лабораторных работ на группу студентов из 12-14 человек и вспомогательное помещение для хранения химических реактивов и профилактического обслуживания учебного и учебно-научного оборудования.

Помещение для лекционных занятий укомплектовано комплектом электропитания, специализированной мебелью и оргсредствами (доска аудиторная для написания мелом и фломастером, стойка-кафедра, стол лектора, стул-кресло, столы аудиторные двухместные (1 на каждых двух студентов), стул аудиторный (1 на каждого студента), а также техническими средствами обучения (экран настенный с электроприводом и дистанционным управлением, мультимедиа проектор с ноутбуком). Имеется компьютерный класс для проведения некоторых лабораторных занятий.

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения (лабораторного оборудования, образцов, нормативных и технических документов и т.п.). Помещения лабораторных практикумов укомплектованы специальной учебно-лабораторной мебелью (в том числе столами с химически стойкими покрытиями), учебно-научным лабораторным оборудованием, измерительными приборами и химической посудой, в полной мере обеспечивающими выполнение требований программы.

1. Оборудование химического факультета и Центра коллективного пользования «Аналитическая спектроскопия»: Атомноабсорбционный спектрометр, Contr AA-700, AnalytikJena, Германия; Микроволновая система минерализации проб под давлением, TOPwavelV, AnalytikJena, Германия; Спектрофотометр, SPECORD 210 PlusBU, AnalytikJena, Германия; Система капиллярного электрофореза, Капель-105М, ЛЮМЕКС, Санкт-Петербург;

Рентгеновский дифрактометр, EmpyreanSeries 2 Фирма Panalytical (Голландия); Дифференциальный сканирующий калориметр, NETZSCH STA 409 PC/PG, Германия; Лабораторная экстракционная система, SFE1000M1-2-FMC-50, Waters, США; Хромато-масс-спектрометр, 7820 Маэстро, США, Россия; Высокоэффективный жидкостной хроматограф, Agilent 1220 Infinity, США.

2. Весы аналитические Leki B1604, Pioneer.
3. Весы теххимические Leki B5002.
4. Дистиллятор А-10.
5. Вытяжной шкаф
6. Сушильный шкаф
7. Муфельная печь
8. Установка для фотокаталитического окисления органических соединений
9. Титановые пластины
10. Набор лабораторной посуды.
11. Необходимые реактивы.