

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Химической технологии им. Н.И. Ярополова»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №7 от 14 мая 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ТЕОРИЯ ГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛИЗА»

Направление: 18.03.01 Химическая технология

Химическая технология органических веществ

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Айзина Юлия Александровна
Дата подписания: 17.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Боженков Георгий
Викторович
Дата подписания: 17.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Дьячкова
Светлана Георгиевна
Дата подписания: 18.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Теория гетерогенного катализа» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК ОС-3 Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов	ОПК ОС-3.6

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК ОС-3.6	Демонстрирует знание основных явлений, имеющих место в условиях гетерогенного катализа, о механизме и кинетике гетерогенно-каталитических процессов. Применяет знания физико-химических характеристик катализаторов, методов их определения и расчета для определения характеристик катализаторов	Знать принципы классификации катализаторов по механизму их действия, зависимость активности катализатора от их состава и способа приготовления; общие закономерности физических и химических процессов, классификацию углеводородов и не углеводородных соединений Уметь определять основные характеристики катализаторов, исследовать кинетику гетерогенно-каталитической реакции, определять активность и селективность катализаторов, изучать, обобщать, анализировать, оформлять и излагать основные материалы Владеть современными методами подбора катализаторов и оценки их активности и избирательности, современными методами определения и сравнения важнейших свойств катализаторов; методами расчета и анализа технологических показателей сырья и метрологической оценки его результатов

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Теория гетерогенного катализа» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Основы общей и неорганической химии», «Введение в профессиональную деятельность»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Общая химическая технология», «Процессы и аппараты химической технологии», «Теория химико-технологических процессов органического синтеза», «Технология переработки углеводородных газов», «Технология композиционных и силикатных материалов»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	48	48
лекции	32	32
лабораторные работы	16	16
практические/семинарские занятия	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	60	60
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 7

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Общие сведения о катализе и катализаторах	1, 2	4	1	2			2	20	Устный опрос
2	Физико - химические характеристики катализаторов	4, 5, 7	14	2, 5	4			2	20	Устный опрос
3	Классификация гетерогенных катализаторов	3	2	6	2					Устный опрос
4	Адсорбция и катализ	6	4	3, 4	8					Устный опрос
5	Каталитические и гидрокаталитические процессы	8	8					1	20	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		32		16				60	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Общие сведения о катализе и катализаторах	Классификация гетерогенных катализаторов, Теории гетерогенного катализа,
2	Физико - химические характеристики катализаторов	Физико - химические характеристики катализаторов, Адсорбция и катализ. Влияние реакционной среды на формирование катализатора, Закоксовывание и регенерация катализаторов, Отравление катализаторов
3	Классификация гетерогенных катализаторов	Общие сведения по применению катализаторов в различных процессах, способы получения катализаторов
4	Адсорбция и катализ	Химическая и физическая адсорбция, Закоксовывание и регенерация катализаторов, Отравление катализаторов. Способы защиты катализатора от отравления.
5	Каталитические и гидрокаталитические процессы	Крекинг, риформинг, пиролиз, гидрокрекинг

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 7

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Определение насыпной плотности	2
2	Определение гранулометрического состава	2
3	Определение содержания воды	4
4	Определение удельной поверхности катализатора по адсорбции йода	4
5	Определение кислотности катализаторов	2
6	Определение статистической обменной емкости (СОЕ) в катионите ку-2	2

4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к зачёту	20
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	40

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: дискуссия

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Методические указания включают задания и этапы их выполнения для лабораторных работ по темам курса описаны в [1].

Цель работы: Систематизация полученных теоретических знаний, изучение литературы по разделам курса.

Задание: Повторить необходимые теоретические сведения, необходимые для выполнения той или лабораторной работы.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Оформление отчетов по лабораторным работам

Цель работы: Закрепить полученные умения и навыки.

Задание: Подготовить отчеты по лабораторным работам, группируя их по темам.

Требования к отчетным материалам: Отчетом по выполнению лабораторных работ является сформированный отчет, названный по теме предмета с указанием фамилии автора работы, в котором содержится вся информация по исследуемому методу, исходных компонентов, оборудованию и методу выполнения работы, представлены необходимые расчеты, сделаны выводы по работе.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 7 | Устный опрос

Описание процедуры.

Состоит из двух частей: 1. Защита отчета, 2. Ответы на контрольные вопросы

Тема (раздел) Отчеты по лабораторным работам, группируются их по темам.

Описание процедуры: Отчетом по выполнению лабораторных работ является сформированный отчет, названный по теме предмета с указанием фамилии автора работы, в котором содержится вся информация по исследуемому методу, исходных компонентов, оборудованию и методу выполнения работы, представлены необходимые расчеты, сделаны выводы по работе.

Подготовка отчетов выполняется студентами самостоятельно.

При защите отчетов преподавателем проверяется: правильность и творческий подход к выполнению заданий, знание теоретического материала необходимого для выполнения работ.

Критерии оценивания.

Успешно владеет свойствами и составом гетерогенных катализаторов, которые используются в химической и нефтехимической промышленности, а также составом и свойствами природных энергоносителей и углеводородного сырья

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ОПК ОС-3.6	Успешно владеет свойствами и составом гетерогенных катализаторов, которые используются в химической и нефтехимической промышленности, а также составом и свойствами природных энергоносителей и углеводородного сырья	Устное собеседование, вопросы к зачету

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Формы проведения зачёта – устный опрос.

Вопросы опроса охватывают весь пройденный материал программы. Студенту задаются не более трех четко сформулированных вопросов из различных разделов, тем программы, рассчитанных по объему на ответ студента в течение до 10 минут.

Преподаватель может задавать уточняющие вопросы по существу ответа и дополнительные вопросы, а также давать задачи и примеры по программе данной учебной дисциплины из числа заданий пройденных лабораторных работ.

1. Сдача и защита отчетов по лабораторным работам
2. Ответы на контрольные вопросы

Пример задания:

Вопросы для контроля:

- 1 Дайте определение катализу и классификацию катализаторов.
- 2 Каковы основные требования к гетерогенным катализаторам?
- 3 Укажите причины физической и химической дезактивации катализаторов.
- 4 Какова роль модификаторов, промоторов, носителей гетерогенных катализаторов?
- 5 Дайте классификацию теорий катализа.
- 6 Что такое удельная поверхность и методы ее определения?
- 7 Физические свойства катализаторов.
- 8 Что такое активность и селективность катализаторов?

- 9 Какова связь величины и структуры поверхности с активностью катализатора?
- 10 Укажите основные различия между физической и химической адсорбцией.
- 11 Перечислите наиболее важные для предвидения каталитического действия термодинамические и кинетические принципы и правила.
- 12 Дайте краткую характеристику основных положений теорий кислот и оснований.
- 13 Назовите катализаторы ионного (гетеролитического) катализа.
- 14 Каковы основные свойства и реакции карбений ионов?
- 15 Объясните физико – химическую сущность электронного катализа и назовите катализаторы этого типа.
- 16 Какие процессы нефтепереработки осуществляются по бифункциональному катализу? Укажите состав катализаторов бифункционального действия.
- 17 Задача для творческого размышления: предложите катализатор для процесса каталитического пиролиза бензина.
- 18 Дайте определение науке макрокинетика химических процессов и вывод уравнения для расчета приведенной константы скорости реакций.
- 19 Назовите области гетерогенного реагирования и объясните влияние технологических параметров на режим гетерогенного реагирования.
- 20 Дайте определение закону действующих поверхностей и его математическое выражение.
- 21 Приведите вывод уравнения изотермы Лэнгмюра.
- 22 Сопоставьте и укажите основные отличия кинетических моделей гетерогенных реакций, основанных соответственно на законе действующих масс и законе действующих поверхностей.
- 23 Каково целевое назначение каталитического крекинга?
- 24 Каково влияние фракционного и химического состава сырья на процесс каталитического крекинга?
- 25 Какие процессы облагораживания сырья каталитического крекинга применяются в современной мировой нефтепереработке? Дайте им краткую характеристику.
- 26 Дайте характеристику цеолитам и промышленным катализаторам крекинга. Какова кристаллическая структура цеолитов?
- 27 Каковы назначение, значение и классификация гидрокаталитических процессов?
- 28 Каковы назначение и значение процессов каталитического риформинга?
- 29 Укажите целевые и побочные реакции риформинга бензинов и объясните влияние давления и температуры на их равновесие.
- 30 Объясните, почему промышленные процессы риформинга со стационарным катализатором проводят при повышенных давлениях, а процессы с непрерывной регенерацией, наоборот, при пониженных давлениях?
- 31 Какова роль водорода в процессах каталитического риформинга (КР)?
- 32 Объясните химизм реакций КР с позиции бифункционального катализа.
- 33 Каков состав катализаторов риформинга?
- 34 С какой целью проводится хлорирование катализатора КР?
- 35 Объясните влияние фракционного и химического состава бензина на процесс КР.
- 36 Объясните влияние технологических параметров на показатели КР.
- 37 Почему КР проводят в последовательных реакторах?
- 38 Какие реакции протекают преимущественно в первом, втором и третьем реакторах?
- 39 Каковы целевое назначение и значение процессов каталитической изомеризации нормальных пентанов и гексанов?
- 40 Объясните механизм каталитической изомеризации алканов. Приведите требования к катализаторам изомеризации и их состав.
- 41 Объясните влияние технологических параметров на глубину изомеризации алканов.

- 42 Каково целевое назначение и значение гидрогенизационных процессов нефтепереработки?
- 43 Напишите основные химические реакции гидрогенолиза серо-, азот- и кислородсодержащих гетероорганических соединений нефтяного сырья и проанализируйте влияние температуры и давления на равновесие.
- 44 Какова реакционная способность относительно гидрогенолиза гетероорганических соединений?
- 45 Каковы требования к катализаторам гидрогенизационных процессов и механизм их би- и полифункционального действия?_

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
наличие твердых и достаточно полных знаний пройденного программного материала, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, уверенно исправляемые после дополнительных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике	наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы

7 Основная учебная литература

1. Айзина Ю.А. Основы гетерогенного катализа: учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2018. – 96 с

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Ахметов С. А. Лекции по технологии глубокой переработки нефти в моторные топлива : учебное пособие по специальности 130603 "Оборудование нефтегазопереработки" / С. А. Ахметов, 2007. - 311 с.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Свободно распространяемое программное обеспечение Word

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Проектор Acer P1383W (3D.DLP.1280*800.)