

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по НИИД



А.А. Артемьев
2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины образовательного компонента
«Кинетика и катализ»

Научная специальность подготовки научных и
научно-педагогических кадров в аспирантуре
1.4.14. Кинетика и катализ

Форма обучения – очная.

Химико-технологический факультет.
Кафедра «Биотехнологии, химии и стандартизации».
Семестры 6, 7.

Тверь 2022

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы:
д.х.н., профессор кафедры БХС



В.Г. Матвеева

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БХС
«29» августа 2022 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой БХС



М.Г. Сульман

Согласовано
Начальник отдела аспирантуры
и докторантуры



О.И. Туманова

Начальник отдела
комплектования
зональной научной библиотеки



О.Ф. Жмыхова

1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является углубленное изучение теоретических и методологических основ кинетики и катализа и формирование системных знаний в сфере стратегических направлений развития кинетики и катализа.

Задачами дисциплины являются:

- формирование способности к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач;
 - углубленное изучение основ современных принципов и подходов гомогенного и гетерогенного катализа, скоростей и механизмов химических превращений;
- формирование представления о современных методах разработки катализаторов и каталитических процессов;
- развитие и закрепление навыков профессиональной деятельности исследователя, способного адекватно решать исследовательские и практические задачи в своей профессиональной деятельности;
- приобретение навыков анализа и интерпретации данных, полученных в процессе исследований.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина относится к Компоненту 2 ОП ВО «Образовательный компонент» в соответствии с приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)» (Зарегистрирован в Минюсте РФ 23.11.2021 № 65943).

Приобретенные знания в рамках данной дисциплины необходимы для подготовки к сдаче кандидатского экзамена, а также при подготовке к итоговой аттестации.

Промежуточная аттестация осуществляется в 6 и 7 семестрах.

3. Планируемые результаты обучения

3.1 Компетенции, закрепленные в ОХОП:

ОК-5: готов к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.

3.2. Показатели достижения компетенций:

Знать:

31.1. Современные направления развития катализа с теоретической и практической точек зрения;

31.2. Современные принципы и подходы гомогенного и гетерогенного катализа;

31.3. Основы теории скоростей и механизмов химических превращений.

Уметь:

У1.1. Выбирать метод исследования и изучения заданного каталитического процесса.

У1.2. Разрабатывать принципиальные схемы получения катализаторов и каталитических процессов.

У1.3. Использовать основные методы трактовки, графического представления и анализа полученных экспериментальных данных.

3.3. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций

Проведение лекционных и практических занятий, самостоятельная работа под руководством преподавателя.

3. Трудоемкость и виды учебной работы

Таблица 1. Распределение трудоемкости по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
6 семестр		
Общая трудоемкость	2	72
Аудиторные занятия (всего)		
В том числе:		
Лекции		16
Практические занятия (ПЗ)		16
Лабораторные работы (ЛР)		не предусмотрены
Самостоятельная работа обучающихся (всего)		40
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		не предусмотрен
Другие виды самостоятельной работы: - подготовка к практическим занятиям		30
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (зачет)		10
7 семестр		
Общая трудоемкость	3	108
Аудиторные занятия (всего)		
В том числе:		
Лекции		16
Практические занятия (ПЗ)		16
Лабораторные работы (ЛР)		не предусмотрены
Самостоятельная работа обучающихся (всего)		40
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен

Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		не предусмотрен
Другие виды самостоятельной работы: - подготовка к практическим занятиям		40
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		36

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины

Таблица 2. Модули, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Труд-ть часы	Лекции	Практич. занятия	Лаб. работы	Сам. работа
6 семестр						
1	Введение. Предмет и задачи курса. Химическая термодинамика. Адсорбция	18	4	4	-	10
2	Химическая кинетика. Основные теории химической кинетики	18	4	4	-	10
3	Общие положения катализа. Основные теории катализа	20	5	5	-	10
4	Создание и функционирование катализаторов	16	3	3	-	10
	6 семестр	72	16	16	-	40
7 семестр						
5	Кислотно-основной катализ	14	2	2	-	5+5(экз)
6	Катализ соединениями переходных металлов	15	2	2	-	6+5(экз.)
7	Катализ на оксидах и каталитическое окисление	15	2	2	-	6+5(экз.)
8	Катализ на металлах и реакции с участием водорода	15	2	2	-	6+5(экз.)
9	Важнейшие каталитические процессы нефтепереработки и нефтехимии	15	2	2	-	6+5(экз.)
10	Катализ в переработке природного газа	14	2	2	-	5+5(экз.)
11	Нанокатализ. Применение и перспективы	20	4	4	-	6+6(экз.)
	7 семестр	108	16	16	-	40+36(экз)
Всего		180	32	32	-	80+36(экз)

5.2. Содержание дисциплины

МОДУЛЬ 1. «ВВЕДЕНИЕ. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ КУРСА. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА. АДСОРБЦИЯ»

Понятие кинетики и катализа. Краткая история возникновения катализаторов. Значение курса.

Термодинамическая система, термодинамические переменные. Уравнения состояния для различных систем и их роль в термодинамике. Постулаты термодинамики. Основные типы термодинамических процессов.

Термодинамическая теория растворов. Химический потенциал. Условие химического равновесия, закон действующих масс. Расчеты выхода продуктов реакции при протекании простых, параллельных и последовательных реакций. Особенности химического равновесия в гетерогенных системах.

Адсорбционные равновесия и виды адсорбции. Применение уравнения Ленгмюра для описания химических реакций. Изотермы монослойной адсорбции на неоднородной поверхности. Полимолекулярная адсорбция, уравнение БЭТ. Определение площади поверхности и пористости твердых тел. Адсорбционные методы изучения поверхности катализаторов (определение дисперсности, спектроскопия адсорбированных молекул и др.).

МОДУЛЬ 2. «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. ОСНОВНЫЕ ТЕОРИИ ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ»

Предмет химической кинетики. Сопоставление термодинамического и кинетического описания химических реакций. Прямая и обратная задача химической кинетики.

Скорость химической реакции при постоянном и переменном объеме закрытой системы. Простые и сложные реакции. Закон действующих масс в химической кинетике. Порядок реакции и молекулярность. Константа скорости химической реакции и ее физический смысл. Наблюдаемая константа скорости. Зависимость скорости химической реакции от температуры. Энергия активации. Вывод уравнения Аррениуса и его анализ. Определение энергии активации из экспериментальных данных.

Сложные химические реакции и их отличия от простых реакций. Понятие лимитирующей стадии. Способы анализа сложных кинетических схем. Анализ кинетических зависимостей и способы определения констант скорости стадий сложного процесса.

Кинетика реакций в открытых системах. Основное уравнение динамики химических реакций в потоке. Реакторы идеального смешения и идеального вытеснения. Связь конверсии с параметрами реактора. Цепные реакции и их особенности. Кинетические особенности протекания стадий инициирования и обрыва.

Теория активных соударений, основные положения. Кинетическая теория газов. Нормальные, быстрые и медленные реакции. Использование теории активных столкновений для исследования химических реакций.

Теория активированного комплекса, основные положения. Вывод основного уравнения ТАК Поверхность потенциальной энергии, описание различных типов реакций.

МОДУЛЬ 3. «ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КАТАЛИЗА. ОСНОВНЫЕ ТЕОРИИ КАТАЛИЗА»

Три области катализа. Электронная природа катализа. Квантовохимические модели в гетерогенном катализе. Термодинамическое и кинетическое толкование каталитических реакций. Конструирование кинетических моделей реакций в гетерогенном катализе. Классификация гомогенных каталитических реакций.

Общая теория промежуточных комплексов в гомогенном катализе. Основные положения и сущность мультиплетной теории в гетерогенном катализе. Теория ансамблей. Электронная теория катализа.

МОДУЛЬ 4. «СОЗДАНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ»

Основные требования к промышленному катализатору. Структура катализаторов. Методы приготовления катализаторов. Форма и размер гранул гетерогенных катализаторов, механическая прочность. Деактивация катализаторов.

МОДУЛЬ 5. «КИСЛОТНО-ОСНОВНОЙ КАТАЛИЗ»

Методы определения кислотных и основных центров на поверхности. Кислотные и основные катализаторы и их активные центры. Цеолиты и другие молекулярные сита. Сверхкислоты и сверхоснования. Дегидратация спиртов. Превращение метанола в углеводороды.

МОДУЛЬ 6. «КАТАЛИЗ СОЕДИНЕНИЯМИ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ»

Строение комплексов переходных металлов. Экспериментальные методы исследования атомов переходных металлов в оксидах. Применение теории кристаллического поля и теории поля лигандов к явлениям адсорбции и катализа. Поверхность оксидов переходных металлов. Имобилизованные комплексы переходных металлов. Каталитическая полимеризация олефинов. Реакции с участием координированного монооксида углерода.

МОДУЛЬ 7. «КАТАЛИЗ НА ОКСИДАХ И КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ»

Общие характеристики каталитического окисления. Особенности кинетики каталитического окисления. Активация кислорода на поверхности оксидных катализаторов окисления. Каталитическое окисление простых молекул. Парциальное окисление олефинов и других органических соединений молекулярным кислородом. Парциальное окисление алканов молекулярным кислородом. Парциальное окисление альтернативными окислителями. Глубокое окисление углеводородов. Каталитическая очистка от вредных газов.

МОДУЛЬ 8. «КАТАЛИЗ НА МЕТАЛЛАХ И РЕАКЦИИ С УЧАСТИЕМ ВОДОРОДА»

Экспериментальные методы изучения поверхности переходных металлов и адсорбции молекул на ней. Чистая поверхность металлов. Адсорбция на переходных металлах. Простейшие каталитические реакции на переходных металлах. Сплавы. Нанесенные металлы. Каталитическое гидрирование. Синтез аммиака.

МОДУЛЬ 9. «ВАЖНЕЙШИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ И НЕФТЕХИМИИ»

Каталитический крекинг углеводородов. Каталитический реформинг углеводородов. Изомеризация алканов. Алкилирование углеводородов. Гидрокрекинг углеводородов. Гидродесульфуризация сернистых соединений. Дегидрирование углеводородов. Окислительное дегидрирование углеводородов.

МОДУЛЬ 10. «КАТАЛИЗ В ПЕРЕРАБОТКЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА»

Окислительная конверсия метана в синтез-газ. Синтез метанола и метилового эфира. Синтез Фишера-Тропша. Окислительная конденсация метана. Каталитическая очистка природного газа от серы.

МОДУЛЬ 11. «НАНОКАТАЛИЗ. ПРИМЕНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ»

Методы получения наночастиц металлов. Способы управления размерами нанокластеров. Способы стабилизации и физико-химические свойства наночастиц металлов. Перспективы применения наночастиц металлов в катализе.

5.3. Лабораторные работы

Учебным планом лабораторные работы не предусмотрены.

5.4. Практические занятия

Таблица 3. Тематика практических занятий и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели практических занятий	Примерная тематика практического занятия	Трудо- емкость в часах
Модуль 1 Цель: расширить знания в области химической термодинамики и адсорбции	Расчеты выхода продуктов реакции при протекании простых, параллельных и последовательных реакций. Адсорбционные методы изучения поверхности катализаторов (определение дисперсности, спектроскопия адсорбированных молекул и др.).	4
Модуль 2 Цель: расширить знания в области химической кинетики	Способы анализа сложных кинетических схем. Основное уравнение динамики химических реакций в потоке.	4
Модуль 3 Цель: расширить знания в области катализа и кинетики каталитических процессов	Квантовохимические модели в гетерогенном катализе. Конструирование кинетических моделей реакций в гетерогенном катализе.	5

Модуль 4 Цель: расширить знания в области катализа, технологий синтеза катализаторов	Методы приготовления катализаторов	3
Модуль 5 Цель: расширить знания об основных достижениях в сфере кислотно-основного катализа	Кислотные и цеолитные катализаторы. Причины появления кислотности. Сила кислотных центров. Количество кислотных центров. Кислотные свойства некоторых катализаторов. Цеолиты.	2
Модуль 6 Цель: расширить знания об основных достижениях в сфере катализа соединениями переходных металлов	Нанесенные металлические катализаторы. Гетеролитическое окисление. Эпоксидирование, катализируемое переходными металлами, на примере эпоксидирования пропилена. Окисление алкенов, катализируемое палладием, на примере окисления этилена	2
Модуль 7 Цель: расширить знания об основных достижениях в сфере катализа на оксидах и каталитического окисления	Окисление. Гомолитическое окисление. Автоокисление ароматических соединений на примере <i>n</i> -ксилола. Гетеролитическое окисление. Эпоксидирование, катализируемое переходными металлами, на примере эпоксидирования пропилена. Окисление алкенов, катализируемое палладием, на примере окисления этилена.	2
Модуль 8 Цель: расширить знания об основных достижениях в сфере катализа на металлах и каталитического гидрирования	Каталитическое гидрирование. Насыщенное гидрирование. Селективное гидрирование алкенов и алкинов. Гидрирование альдегидов и кетонов. Асимметрическое гидрирование.	2
Модуль 9 Цель: расширить знания об основных достижениях в сфере каталитических процессов нефтепереработки и нефтехимии	Каталитический крекинг углеводородов. Каталитический реформинг углеводородов.	2
Модуль 10 Цель: расширить знания об основных достижениях в сфере катализа в переработке природного газа	Каталитические реакции Фишера-Тропша.	2
Модуль 11 Цель: расширить знания об основных достижениях в сфере перспективных направлений развития нанокатализа	Перспективные направления применения наночастиц металлов в катализе. Ферментоподобные катализаторы. Межфазные катализаторы. Мицеллярные катализаторы на полимерной основе	4

6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль успеваемости

6.1. Цели самостоятельной работы

Формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений,

аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

6.2. Организация и содержание самостоятельной работы

Самостоятельная работа заключается в проработке отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендованной им учебной и научной литературе, методическим разработкам кафедры; подготовке докладов и презентации; подготовке к зачету и экзамену.

Тематика самостоятельной работы определяется ведущим преподавателем и имеет профессионально-ориентированный характер и непосредственную связь изучаемых вопросов с последующей профессиональной деятельностью выпускника.

В рамках промежуточной аттестации выполняется подготовка презентации и текста доклада по заданной теме. После вводных лекций, в которых обозначается содержание дисциплины, ее проблематика и практическая значимость, аспирантам выдаются возможные темы докладов в рамках предметной области дисциплины, из которых аспиранты выбирают тему своего доклада, при этом аспирантом может быть предложена и своя тематика. Тематика доклада должна иметь проблемный и профессионально ориентированный характер, требующей самостоятельной творческой работы аспиранта.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Чоркендорф, И. Современный катализ и химическая кинетика : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт; пер. с англ. В.И. Ролдугина. - Долгопрудный : Интеллект, 2013. - 503 с. - (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-91559-153-9 : 1540 p. 15 к. - (ID=105361-1)

2. Темкин, О.Н. Гомогенный металлокомплексный катализ. Кинетические аспекты : в составе учебно-методического комплекса / О.Н. Темкин. - Москва : Академкнига, 2008. - 918 с. - (УМК-У). - Списки лит. в конце гл. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-94628-336-6 : 400 p. - (ID=75186-1)

3. Байрамов, В.М. Основы химической кинетики и катализа : учеб. пособие для хим. фак. ун-тов по спец. 011000 "Химия" и напр. 510500 "Химия" / В.М. Байрамов; под ред. В.В. Лунина. - Москва : Академия, 2003. - 252 с. - (Высшее образование). - Библиогр. : с. 242 - 243. - ISBN 5-7695-1297-0 : 114 p. - (ID=15644-18)

4. Панченков, Г.М. Химическая кинетика и катализ : учеб. пособие для хим. и хим.-технол. спец. вузов / Г.М. Панченков, В.П. Лебедев. - 3-е изд. ; доп. и испр. - Москва : Химия, 1985. - 590 с. : ил. - Текст : непосредственный. - 1 p. 70 к. - (ID=54837-25)

7.2. Дополнительная литература

1. Пентин, Ю.А. Физические методы исследования в химии : учебник для студентов вузов : в составе учебно-методического комплекса / Ю.А. Пентин, Л.В.

Вилков. - Москва : Мир, 2006 . - 683 с. : ил. - (Методы в химии). - Текст : непосредственный. - ISBN 5-03-003770-5 : 566 р. 10 к. - (ID=22545-25)

2. Сибаров, Д.А. Катализ, каталитические процессы и реакторы : учебное пособие / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова. - 2-е изд. ; стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2022. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 19.08.2022. - ISBN 978-5-8114-2158-9. - URL: <https://e.lanbook.com/book/212642> . - (ID=134187-0)

3. Цирельсон, В.Г. Квантовая химия: молекулы, молекулярные системы и твердые тела : учеб. пособие для вузов по хим.-технол. напр. и спец. : в составе учебно-методического комплекса / В.Г. Цирельсон. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 495 с. - (Учебник для высшей школы). - Библиогр. в конце гл. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-9963-0080-8 : 385 р. - (ID=81208-15)

4. Механизмы гетерогенно-каталитических процессов с участием наночастиц палладия : учеб. пособие / Л.Ж. Никошвили [и др.]; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2017. - 79 с. : ил. - Сервер. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-7995-0909-5 : 0-00. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/122633> . - (ID=122633-1)

5. Механизмы гетерогенно-каталитических процессов с участием наночастиц палладия : учебное пособие для магистров по направлению подготовки 18.04.01 "Химическая технология" и 04.04.01 "Химия" / Л.Ж. Никошвили [и др.]; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2017. - 79 с. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-7995-0909-5 : [б. ц.]. - (ID=123454-75)

6. Смит, В.А. Основы современного органического синтеза : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса / В.А. Смит, А.Д. Дильман. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 750 с. : схем. - (Химия) (УМК-У). - Библиогр. в конце гл. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-94774-941-0 : 492 р. - (ID=80048-3)

7. Матвеева, В.Г. Современные металлополимерные катализаторы : монография : в составе учебно-методического комплекса / В.Г. Матвеева, Э.М. Сульман; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2001. - 93 с. : ил. - (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 5-7995-0168-3 : 44 р. - (ID=7480-10)

8. Термические методы анализа : метод. указания к практ. занятиям и самостоятельной работе по курсу "Теорет. и эксперимент. методы исследования в химии" по направлению подготовки магистров 020100 Химия и 240100 Хим. технология : в составе учебно-методического комплекса / А.В. Быков [и др.]; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. БТиХ. - Тверь : ТвГТУ, 2014. - (УМК-У). - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/104030> . - (ID=104030-1)

9. Термические методы анализа : метод. указания к практ. занятиям и самостоятельной работе по курсу "Теорет. и эксперимент. методы исследования в химии" по направлению подготовки магистров 020100 Химия и 240100 Хим. технология / А.В. Быков [и др.]; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. БТиХ. - Тверь : ТвГТУ, 2014. - 47 с. : ил. - Текст : непосредственный. - 49 р. 80 к. - (ID=103811-95)

10. Физические методы исследования : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса / А.В. Быков [и др.]; Тверской гос. техн. ун-т. - 1-е изд. -

Тверь : ТвГТУ, 2010. - 159 с. : ил. - (УМК-У). - Библиогр.: с. 156 - 157. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-7995-0517-2 : 101 p. - (ID=81497-115)

7.3 Методические материалы

1. Химическая кинетика и катализ : метод. указ. к практ. занятиям по курсу "Физич. химия" (ч. 2) для студентов спец. 011000 "Химия" / сост. Н.В. Семагина ; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. БТиХ. - Тверь : ТвГТУ, 2001. - 15 с. - [б. ц.]. - (ID=7433-6)

2. Учебно-методический комплекс дисциплины, в том числе элективных, факультативных дисциплин и направленных на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов образовательного компонента "Кинетика и катализ". Научная специальность подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре 1.4.14. – Кинетика и катализ : ФГОС 3++ / сост.: М.Г. Сульман ; Каф. Биотехнология, химия и стандартизация. - 2022. - (УМК). - Текст : электронный. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/157492> . - (ID=157492-0)

7.4 Программное обеспечение дисциплины

1. Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

2. Microsoft Office 2019 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет

ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭКТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ" : сетевая версия (годовое обновление): [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНИПы и др.). Диск 1,2,3,4. - М. :Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст : электронный. - 119600 p. – (105501-1)
9. База данных учебно-методических комплексов: <https://lib.tstu.tver.ru/header/umk.html>

УМК размещен: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/157492>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины «Кинетика и катализ» используются современные средства обучения, возможна демонстрация лекционного материала с помощью проектора. Аудитория для проведения лекционных и практических занятий

оснащена современной компьютерной и офисной техникой, необходимым программным обеспечением, электронными учебными пособиями и законодательно-правовой поисковой системой, имеющий выход в глобальную сеть.

Для проведения практических занятий возможна демонстрация научно-аналитического оборудования. В таблице 4 представлен рекомендуемый перечень материально-технического обеспечения практикума по дисциплине.

Таблица 4. Рекомендуемое материально-техническое обеспечение дисциплины

№ пп	Рекомендуемое материально-техническое обеспечение дисциплины
1	Установка "Реактор идеального смешения"
2	Установка "Реактор идеального вытеснения"
3	Проточный реактор-автоклав для проведения жидкофазных каталитических процессов, оснащенный автоматической системой анализа отходящих газов
4	Жидкостной хроматомасс-спектрометр
5	Газовый хроматограф «Кристаллюкс»
6	Газовый хроматомасс-спектрометр
7	Термоаналитический комплекс на базе дифференциального сканирующего калориметра и термовесов
8	ИК-спектрометр Фурье
9	Автоматический анализатор хемосорбции
10	Анализатор размеров частиц с приставкой и автотитратором
11	Система капиллярного электрофореза
12	Установка каталитического гидрирования
13	Ультразвуковой гомогенизатор
14	Реактор высокого давления
15	Система для сравнения скорости прохождения частиц
16	Установка лабораторная каталитическая
17	Лабораторный стенд каталитического синтеза
18	Рентгенофотоэлектронный спектрометр
19	Квадрупольный масс-спектрометр для анализа газовой среды остаточного вакуума
20	Атомно-абсорбционный спектрометр МГА-915
21	Наборы химических реактивов
22	Наборы химической стеклянной посуды
23	Наборы химической мерной посуды
24	Наборы химической фарфоровой посуды
25	Вытяжной шкаф
26	Лабораторная мебель для химической лаборатории

9. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

9.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена

1. Экзаменационный билет соответствует форме, утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин и в соответствии с приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения,

образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)» (Зарегистрирован в Минюсте РФ 23.11.2021 № 65943).

Число экзаменационных билетов – 10. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3 (1 вопрос для категории «знать» и 2 вопроса для категории «уметь»).

Продолжительность экзамена – 60 минут.

2. Шкала оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

3. Критерии оценки за экзамен:

для категории «знать»:

выше базового – 2;

базовый – 1;

ниже базового – 0;

критерии оценки и ее значения для категории «уметь»:

отсутствие умения – 0 баллов;

наличие умения – 2 балла.

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

4. Вид экзамена – письменный экзамен, включающий решение задач с использованием справочного материала и непрограммируемого калькулятора.

5. База заданий, предъявляемая обучающимся на экзамене:

1) Кислотные и основные катализаторы и их активные центры. Методы определения кислотных и основных центров на поверхности.

2) Цеолиты и другие молекулярные сита. Сверхкислоты и сверхоснования.

3) Дегидратация спиртов. Превращение метанола в углеводороды.

4) Строение комплексов переходных металлов.

5) Экспериментальные методы исследования атомов переходных металлов в оксидах.

6) Применение теории кристаллического поля и теории поля лигандов к явлениям адсорбции и катализа.

7) Поверхность оксидов переходных металлов.

8) Имобилизованные комплексы переходных металлов.

9) Каталитическая полимеризация олефинов.

10) Реакции с участием координированного монооксида углерода.

11) Общие характеристики каталитического окисления. Особенности кинетики каталитического окисления.

12) Активация кислорода на поверхности оксидных катализаторов окисления. Каталитическое окисление простых молекул.

13) Парциальное окисление олефинов и других органических соединений молекулярным кислородом.

14) Парциальное окисление алканов молекулярным кислородом.

15) Парциальное окисление альтернативными окислителями.

16) Глубокое окисление углеводородов.

- 17) Экспериментальные методы изучения поверхности переходных металлов и адсорбции молекул на ней.
- 18) Адсорбция на переходных металлах.
- 19) Простейшие каталитические реакции на переходных металлах.
- 20) Каталитическое гидрирование.
- 21) Каталитический крекинг углеводородов.
- 22) Каталитический реформинг углеводородов.
- 23) Изомеризация алканов.
- 24) Алкилирование углеводородов.
- 25) Гидрокрекинг углеводородов. Гидродесульфуризация сернистых соединений.
- 26) Дегидрирование углеводородов. Окислительное дегидрирование углеводородов.
- 27) Окислительная конверсия метана в синтез-газ.
- 28) Синтез метанола и метилового эфира. Синтез Фишера-Тропша.
- 29) Окислительная конденсация метана.
- 30) Каталитическая очистка природного газа от серы.
- 31) Методы получения наночастиц металлов.
- 32) Способы управления размерами нанокластеров. Способы стабилизации и физико-химические свойства наночастиц металлов.
- 33) Перспективы применения наночастиц металлов в катализе.

Типовой образец задания приведен в Приложении 1.

Пользование различными техническими устройствами, кроме ЭВМ компьютерного класса и программным обеспечением, необходимым для решения поставленных задач, не допускается. При желании аспиранта покинуть пределы аудитории во время экзамена экзаменационный билет после его возвращения заменяется.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов на экзаменационные вопросы и решенных на компьютере задач задавать аспиранту в устной форме уточняющие вопросы в рамках содержания экзаменационного билета, выданного аспиранту.

Иные нормы, регламентирующие процедуру проведения экзамена, представлены в Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

9.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме зачета

1. Вид промежуточной аттестации в форме зачета.

Вид промежуточной аттестации устанавливается преподавателем:

по результатам текущего контроля успеваемости обучающегося без дополнительных контрольных испытаний;

по результатам дополнительного итогового контрольного испытания при наличии у аспирантов задолженностей по текущему контролю.

2. При промежуточной аттестации без выполнения дополнительного итогового контрольного испытания аспиранту в обязательном порядке описываются критерии проставления зачёта:

«зачтено» - выставляется обучающемуся при условии выполнения им всех контрольных мероприятий: посещение лекций в объеме не менее 80% контактной работы с преподавателем, выполнения и защиты заданий на практических занятиях.

При промежуточной аттестации с выполнением заданий дополнительного итогового контрольного испытания аспиранту выдается билет с вопросами и задачами.

Число заданий для дополнительного итогового контрольного испытания – 10.

Число вопросов – 3 (2 вопроса для категории «знать» и 1 вопрос для категории «уметь»).

Продолжительность 60 минут.

3. Шкала оценивания промежуточной аттестации - «зачтено», «не зачтено».

4. Критерии выполнения контрольного испытания и условия проставления зачета:

Для категории «знать» (бинарный критерий)

Ниже базового – 0 баллов;

Базовый уровень – 1 балл;

Критерии оценки и ее значение для категории «уметь» (бинарный критерий):

Отсутствие умения – 0 баллов;

Наличие умения – 1 балл.

Критерии итоговой оценки за зачет:

«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;

«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

5. Для дополнительного итогового испытания аспиранту в обязательном порядке предоставляется:

База заданий, предназначенных для предъявления обучающемуся на дополнительном итоговом контрольном испытании (типовой образец задания приведен в Приложении 2);

Методические материалы, определяющие процедуру проведения дополнительного итогового испытаний и проставления зачета.

6. Задание выполняется письменно и с использованием ЭВМ.

7. База заданий, предъявляемая обучающимся на зачете:

- 1) Уравнения состояния для различных систем и их роль в термодинамике.
- 2) Основные типы термодинамических процессов.
- 3) Термодинамическая теория растворов. Химический потенциал.
- 4) Условие химического равновесия, закон действующих масс.
- 5) Расчеты выхода продуктов реакции при протекании простых, параллельных и последовательных реакций.
- 6) Особенности химического равновесия в гетерогенных системах.
- 7) Адсорбционные равновесия и виды адсорбции.
- 8) Применение уравнения Ленгмюра для описания химических реакций.
- 9) Изотермы монослойной адсорбции на неоднородной поверхности.
- 10) Полимолекулярная адсорбция, уравнение БЭТ.

- 11) Определение площади поверхности и пористости твердых тел.
- 12) Адсорбционные методы изучения поверхности катализаторов (определение дисперсности, спектроскопия адсорбированных молекул и др.).
- 13) Сопоставление термодинамического и кинетического описания химических реакций.
- 14) Прямая и обратная задача химической кинетики.
- 15) Скорость химической реакции при постоянном и переменном объеме закрытой системы.
- 16) Простые и сложные реакции.
- 17) Закон действующих масс в химической кинетике. Порядок реакции и молекулярность. Константа скорости химической реакции и ее физический смысл. Наблюдаемая константа скорости.
- 18) Зависимость скорости химической реакции от температуры. Энергия активации.
- 19) Вывод уравнения Аррениуса и его анализ. Определение энергии активации из экспериментальных данных.
- 20) Сложные химические реакции и их отличия от простых реакций. Понятие лимитирующей стадии.
- 21) Способы анализа сложных кинетических схем.
- 22) Анализ кинетических зависимостей и способы определения констант скорости стадий сложного процесса.
- 23) Кинетика реакций в открытых системах. Основное уравнение динамики химических реакций в потоке.
- 24) Реакторы идеального смешения и идеального вытеснения. Связь конверсии с параметрами реактора.
- 25) Цепные реакции и их особенности. Кинетические особенности протекания стадий инициирования и обрыва.
- 26) Теория активных соударений, основные положения. Использование теории активных столкновений для исследования химических реакций.
- 27) Теория активированного комплекса, основные положения. Вывод основного уравнения ТАК.
- 28) Три области катализа. Электронная природа катализа.
- 29) Термодинамическое и кинетическое толкование каталитических реакций.
- 30) Конструирование кинетических моделей реакций в гетерогенном катализе.
- 31) Классификация гомогенных каталитических реакций.
- 32) Общая теория промежуточных комплексов в гомогенном катализе.
- 33) Основные положения и сущность мультиплетной теории в гетерогенном катализе.
- 34) Теория ансамблей. Электронная теория катализа.
- 35) Основные требования к промышленному катализатору.
- 36) Структура катализаторов. Методы приготовления катализаторов.
- 37) Дезактивация катализаторов.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов задавать аспиранту в устной форме уточняющие вопросы в рамках задания, выданного аспиранту.

9.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы

Учебным планом курсовая работа (проект) по дисциплине не предусмотрены.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Аспиранты перед началом изучения дисциплины ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки, которые должны быть опубликованы и размещены на сайте вуза или кафедры.

В учебный процесс внедрена субъект-субъектная педагогическая технология, при которой в расписании каждого преподавателя определяется время консультаций аспирантов по закрепленному за ним модулю дисциплины.

Аспиранты, изучающие дисциплину, обеспечены учебной и научной литературой для выполнения всех видов самостоятельной работы, и учебно-методическим комплексом по дисциплине.

11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины

Кафедра ежегодно обновляет содержание рабочих программ дисциплин, которые оформляются протоколами заседаний дисциплин, форма которых утверждена Положением о рабочих программах дисциплин.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Научная специальность – 1.4.14 Кинетика и катализ
Кафедра Биотехнологии, химии и стандартизации
Дисциплина «Кинетика и катализ»
Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Задание для категории «знать» – или 0, или 1, или 2 балла:
Иммобилизованные комплексы переходных металлов.

3. Задание для категории «уметь» – или 0, или 2 балла:
Приведите примеры каталитического гидрирования в органическом синтезе.

4. Задача для категории «уметь» – или 0, или 2 балла:
Предложите не менее трех физико-химических методов, которые могут быть использованы для исследования гетерогенных каталитических систем.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» – при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» – при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» – при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» – при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: д.х.н., профессор кафедры БХС



В.Г. Матвеева

Заведующий кафедрой БХС, д.х.н., профессор



М.Г. Сульман

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тверской государственный технический университет»

Научная специальность – 1.4.14 Кинетика и катализ

Кафедра Биотехнологии, химии и стандартизации

Дисциплина «Кинетика и катализ»

Семестр 6

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ № 1

1. Задание для категории «знать» – или 0, или 1 балл:

Предмет химической кинетики. Сопоставление термодинамического и кинетического описания химических реакций. Прямая и обратная задача химической кинетики.

2. Задание для категории «знать» – или 0, или 1 балл:

Адсорбционные методы изучения поверхности катализаторов.

3. Задача для категории «уметь» – или 0, или 1 балл:

Охарактеризуйте современные методы приготовления катализаторов.

Критерии итоговой оценки за зачет:

«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;

«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: д.х.н., профессор кафедры БХС



В.Г. Матвеева

Заведующий кафедрой БХС, д.х.н., профессор



М.Г. Сульман