

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 29.09.2023 18:08:48
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В. Пекаревский
« 21 » июня 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
Кинетика гетерогенно-каталитических процессов

Направление подготовки

18.04.01 Химическая технология

Направленность программы магистратуры

Катализаторы и каталитические процессы

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **общей химической технологии и катализа**

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		ст.н.с. Мальцева Н.В.

Рабочая программа дисциплины «Кинетика гетерогенно-каталитических процессов»
обсуждена на заседании кафедры общей химической технологии и катализа
протокол от «15» 06 2022 № 7

Заведующий кафедрой

А.Ю. Постнов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов
протокол от «16» 06 2022 № 9

Председатель

С.Г. Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология»		М.В. Рутто
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		М.З. Труханович
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	06
3. Объем дисциплины	06
4. Содержание дисциплины	07
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	07
4.3. Занятия семинарского типа	08
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	08
4.3.2. Лабораторные занятия	09
4.4. Самостоятельная работа	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	10
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	11
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	11
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.	11
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	12
10.1. Информационные технологии.	12
10.2. Программное обеспечение.	12
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	12
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	12
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	13
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	

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

В результате для освоения образовательной программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
ПК-2 Способен разрабатывать и использовать кинетические модели гетерогенно-каталитических процессов, осуществлять их качественный и количественный анализ с использованием стандартных пакетов прикладных программ	ПК-2.1 Кинетика и механизмы реакций на однородной и неоднородной поверхности	Знать: закономерности протекания каталитических реакций в условиях неоднородной и однородной поверхности катализаторов; Уметь: критически анализировать кинетические характеристики для конкретного каталитического процесса; Владеть: методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента.
	ПК-2.2 Диффузионная кинетика каталитических реакций	Знать: кинетические уравнения диффузионной кинетики; Уметь: определять область протекания каталитического процесса и аргументировать выбор требуемых характеристик катализаторов для обеспечения заданных показателей эффективности процесса; Владеть: методами определения оптимальных режимов проведения каталитических процессов по экспериментальным кинетическим параметрам.
	ПК-2.3 Кинетические модели основных промышленных каталитических процессов	Знать: кинетические уравнения основных промышленных процессов;

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
		<p>Уметь: находить и критически анализировать исходные кинетические данные для конкретного промышленного каталитического процесса;</p> <p>Владеть: практическими навыками использования полученных знаний в своей будущей производственно-технологической, научно-исследовательской и проектной деятельности.</p>

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.02), и изучается на 1 курсе в 1 и 2 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплины «Теоретические основы катализа», «Научные основы приготовления катализаторов», «Высокотехнологичные методы исследования свойств носителей и катализаторов». Полученные в процессе изучения дисциплины «Кинетика гетерогенно-каталитических процессов», знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин: «Промышленный катализ в производстве неорганических материалов катализаторов», «Технологии носителей и катализаторов», «Промышленный катализ в нефтепереработке и нефтехимии», «Безопасность промышленных каталитических процессов», «Каталитические процессы защиты окружающей среды», «Каталитические процессы специального назначения», при прохождении всех видов практик, в научно-исследовательской работе магистранта, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/академических часов)	9/324
Контактная работа с преподавателем:	134
занятия лекционного типа	34
занятия семинарского типа, в т.ч.:	84
семинары, практические занятия (в т.ч. на практическую подготовку)	52 (52)
лабораторные работы (в т.ч. на практическую подготовку)	32 (32)
курсовое проектирование (КР или КП)	16
КСР	–
другие виды контактной работы	–
Самостоятельная работа	163
Форма текущего контроля (К/р, реферат, РГР, эссе)	–
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	КР, зачет, экзамен/27

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Кинетика и механизмы реакций на однородной поверхности	9	10	–	32	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3
2	Кинетика реакций на неоднородной поверхности	9	10	–	32	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3
3	Кинетика реакций в области внутренней диффузии	8	10	–	33	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3
4	Кинетика реакций в области внешней диффузии	8	10	–	33	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3
5	Кинетические модели основных промышленных каталитических процессов	–	12	32	33	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	<u>Кинетика и механизмы реакций на однородной поверхности.</u> Области протекания гетерогенно-каталитических реакций. Закон действующих поверхностей и его ограничения. Физическая и химическая адсорбция молекул. Ассоциативная (молекулярная) и диссоциативная адсорбции. Конкурентная адсорбция. Условия квазистационарности. Адсорбционная кинетика Лэнгмюра – Хиншельвуда для простых и сложных каталитических реакций на идеальной поверхности. Механизм Или – Ридила.	9	ЛВ
2	<u>Кинетика реакций на неоднородной поверхности.</u> Энергетическая неоднородность поверхности и взаимное влияние адсорбированных частиц.	9	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Изотермы адсорбции на неоднородной поверхности. Логарифмическая изотерма Темкина. Подходы к выводу кинетических уравнений катализа на неоднородной поверхности. Учет взаимодействия реакционной среды с катализатором. Кинетика реакций на катализаторах с изменяющейся активностью. Кинетика в условиях отравления поверхности катализаторов.		
3	<u>Кинетика реакций в области внутренней диффузии.</u> Законы Фика. Эффективный коэффициент диффузии. Область Кнудсеновской диффузии в пористой среде. Степень использования внутренней поверхности. Уравнение Тиле – Зельдовича. Зависимости области протекания реакции от параметра Тиле. Влияние процессов переноса на избирательность реакции. Оптимальная пористая структура катализатора.	8	ЛВ
4	<u>Кинетика реакций в области внешней диффузии.</u> Критерии подобия. Критерий Рейнольдса. Кинетическая модель процесса в области внешней диффузии. Влияние основных технологических параметров на область протекания процесса.	8	ЛВ

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
1	Решение задач по формальной кинетике на определение порядка, констант скорости и энергии активации	2	2	Компьютерная симуляция
1	Знакомство с современными экспериментальными методами изучения кинетики гомогенных и гетерогенных реакций	2	2	Компьютерная симуляция
1	Освоение методов линейной алгебры при построении стехиометрических матриц химических реакций	2	2	Компьютерная симуляция

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
1	Решение задач по кинетике гомогенных реакций	2	2	Компьютерная симуляция
1	Решение задач по кинетике гетерогенных реакций на однородной поверхности	2	2	Компьютерная симуляция
2	Знакомство с современными методами исследования поверхности твердых катализаторов и адсорбированных молекул в том числе и методами <i>in situ</i>	4	4	Компьютерная симуляция
2	Экспериментальные методы определения области протекания каталитических реакций	6	5	Компьютерная симуляция
3	Экспериментальные методы определения коэффициентов внутренней диффузии. Примеры расчетов	10	10	Компьютерная симуляция
4	Расчет основных параметров диффузионной кинетики	10	10	Компьютерная симуляция
5	Решение задач по построению кинетических моделей основных промышленных реакций	6	6	Компьютерная симуляция
5	Расчеты оптимальных режимов проведения каталитических процессов по экспериментальным кинетическим параметрам	6	6	Компьютерная симуляция

4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
5	Кинетика окисления оксида углерода (II)	5	5	Групповая дискуссия
5	Кинетика синтеза аммиака	5	5	Групповая дискуссия
5	Кинетика синтеза метанола	5	5	Групповая дискуссия
5	Кинетика дегидрирования углеводородов	5	5	Групповая дискуссия
5	Кинетика окисления углеводородов	6	6	Групповая дискуссия
5	Кинетика гидрирования углеводородов	6	6	Групповая дискуссия

4.4. Самостоятельная работа.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Решение задач по формальной кинетике простых и сложных реакций	16	Устный или письменный опрос
1	Решение задач по кинетике гетерогенных реакций	16	Устный или письменный опрос
2	Изучение литературы по современным методам исследования поверхности твердых тел и адсорбированных молекул: РФЭС, метод ЭПР молекул зондов, ИК-спектроскопия адсорбированных молекул, ЯМР адсорбированных молекул при вращении под «магическим углом»	32	Устный или письменный опрос
3	Закономерности каталитических процессов, протекающих в области внутренней диффузии	33	Устный или письменный опрос
4	Закономерности процессов, протекающих в области внешней диффузии	33	Устный или письменный опрос
5	Анализ научной литературы по кинетическим моделям и кинетическим параметрам основных промышленных реакций	33	Устный или письменный опрос

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению, размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета (1 семестр), экзамена (2 семестр) и защиты курсовой работы (1 семестр).

При сдаче экзамена обучающийся получает три вопроса из перечня вопросов (время подготовки к устному ответу – 45 минут).

Пример варианта вопросов на экзамене:

1. Механизм Марса – ван Кревелена.
2. Степень использования внутренней поверхности. Уравнение Тиле – Зельдовича. Зависимости области протекания реакции от параметра Тиле.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

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

а) печатные издания:

1. Чоркендорф, И. Современный катализ и химическая кинетика / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт; перевод с англ. В.И. Ролдугина. – Долгопрудный: Интеллект, 2010. – 501 с. – ISBN 978-5-91559-044-0
2. Сибаров, Д.А. Катализ, каталитические процессы и реакторы: учебное пособие / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 200 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-2158-9
3. Буданов, В.В. Химическая кинетика: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки «Химическая технология», «Биотехнология», «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» / В.В. Буданов, Т.Н. Ломова, В.В. Рыбкин. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2014. – 283 с. – ISBN 978-5-8114-1542-7
4. Пахомов, Н.А. Курс лекций по кинетике процессов технологии неорганических веществ: учебное пособие / Н.А. Пахомов, А.С. Григорьев, И.И. Торлопов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2020. – 93 с.

б) электронные учебные издания:

1. 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, 2021. – 200 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-2158-9 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 04.05.2022). – Режим доступа: по подписке.
2. Буданов, В.В. Химическая кинетика: Учебное пособие для вузов по направлениям подготовки «Химическая технология», «Биотехнология», «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» / В.В. Буданов, Т.Н. Ломова, В.В. Рыбкин. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2021. – 288 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-1542-7 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 04.05.2022). – Режим доступа: по подписке.
3. Пахомов, Н.А. Курс лекций по кинетике процессов технологии неорганических веществ: учебное пособие / Н.А. Пахомов, А.С. Григорьев, И.И. Торлопов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2020. – 93 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 04.05.2022). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.

- Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>;
Электронно-библиотечные системы:
– «Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;
– ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Кинетика гетерогенно-каталитических процессов» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040–02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018–2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 020–2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048–2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ(ТУ) 044–2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.

СТП СПбГТИ 016–2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов являются:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, имея знания по уже изученному материалу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

10.2. Программное обеспечение.

Пакеты прикладных программ стандартного набора (LibreOffice, MathCAD).

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

- справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»;
- база данных Reaxys <https://www.reaxys.com>

11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Кафедра Общей химической технологии и катализа оснащена необходимым научно-исследовательским оборудованием, измерительными и вычислительными комплексами и другим материально-техническим обеспечением, необходимым для полноценного лабораторных работ, существует возможность использования оборудования Центров коллективного пользования СПбГТИ(ТУ) и Лаборатории каталитических технологий. Компьютеры кафедры и аудиторий № 205, 209, 210 соединены в локальную вычислительную сеть с выходом в Интернет через сервер, подключенный к сети института.

Реализация программы учебной дисциплины предполагает наличие учебной лаборатории, оснащенной следующим лабораторным оборудованием:

- спектрофотометр СФ-26;
- торсионные весы PRLT T3;
- прибор измерения механической прочности МП-2С;
- хроматографы ЦВЕТ-100, ЦВЕТ-500, ЦВЕТ-800 и 3700;
- вакуумный насос VP18R;

- вискозиметр Reotest-2;
- рН-метры рН-150МИ;
- редукторы газовые;
- анализатор влажности порошковых материалов МОС-120Н;
- влагомеры Байкал-3 и Волна-2;
- рентгеновский дифрактометр ДРОН-3М;
- дериватограф Q-1500 D;
- дифференциальный термогравиметрический анализатор Shimadzu DTG-60H;
- газовый хроматограф GC 2010 Plus;
- энергодисперсионные рентгенофлуоресцентные спектрометры EDX-7000 и EDX-8000;
- ИК-Фурье спектрометр IRTracer-100;
- рентгеновский дифрактометр XRD-6100;
- Autosorb 6iSA;
- лазерный дифракционный анализатор размеров частиц SALD-2300;
- газовый хроматомасс-спектрометр GCMS-QP2010 Ultra;

Оборудование Инжинирингового центра СПбГТИ(ТУ):

- сканирующий зондовый атомно-силовой микроскоп Shimadzu SPM-9700;
- лазерный дифракционный анализатор размеров частиц Shimadzu SALD-7500;
- термомеханический анализатор изменения линейных размеров образца Shimadzu

TMA-60;

- трибометр Anton Paar ТНТ;
- реометр Anton Paar Physica MCR 302;
- ИК-Фурье спектрометр Shimadzu IRTracer-100;
- дифференциальный сканирующий калориметр Shimadzu DSC-60 Plus;
- дериватограф Shimadzu DTG-60;
- универсальная испытательная машина Shimadzu AG-XD plus, 20kN-50kN;
- спектрофотометр Shimadzu UV-1800;
- многофункциональная лабораторная машина для перемешивания MagicLab-XP;
- спектрометр ЯМР Bruker AVANCE III HD 400 NanoBay;
- растровый электронный микроскоп Tescan Vega 3 SBH;
- рентгеновский дифрактометр Rigaku SmartLab 3;
- прибор для проведения измерений температуро- и теплопроводности Netzsch

LFA 457 MicroFlash;

- прибор синхронного термического анализа Netzsch STA 449 F3 Jupiter.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
«Кинетика гетерогенно-каталитических процессов»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-2	Способен разрабатывать и использовать кинетические модели гетерогенно-каталитических процессов, осуществлять их качественный и количественный анализ с использованием стандартных пакетов прикладных программ	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«Зачтено», «удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-2.1 Кинетика и механизмы реакций на однородной и неоднородной поверхности	Знает закономерности протекания каталитических реакций в условиях неоднородной и однородной поверхности катализаторов	Вопросы к зачету, экзамену № 1-37, выполнение курсовой работы	С ошибками способен рассказать закономерности протекания каталитических реакций в условиях неоднородной и однородной поверхности катализаторов	С помощью преподавателя способен рассказать закономерности протекания каталитических реакций в условиях неоднородной и однородной поверхности катализаторов	Самостоятельно способен рассказать закономерности протекания каталитических реакций в условиях неоднородной и однородной поверхности катализаторов
	Умеет критически анализировать кинетические характеристики для конкретного каталитического процесса	Вопросы к зачету, экзамену № 1-37, выполнение курсовой работы	С ошибками способен критически анализировать кинетические характеристики для конкретного каталитического процесса	С помощью преподавателя критически анализировать кинетические характеристики для конкретного каталитического процесса	Самостоятельно способен критически анализировать кинетические характеристики для конкретного каталитического процесса
	Владеет методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента	Вопросы к зачету, экзамену № 1-37, выполнение курсовой работы	С ошибками владеет методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента	При консультации преподавателя владеет методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента	Самостоятельно методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента

ПК-2.2 Диффузионная кинетика каталитических реакций	Знает кинетические уравнения диффузионной кинетики	Вопросы к зачету, экзамену № 1-37, выполнение курсовой работы	С ошибками перечисляет кинетические уравнения диффузионной кинетики	С помощью преподавателя рассказывает кинетические уравнения диффузионной кинетики	Рассказывает кинетические уравнения диффузионной кинетики
	Умеет определять область протекания каталитического процесса и аргументировать выбор требуемых характеристик катализаторов для обеспечения заданных показателей эффективности процесса .	Вопросы к зачету, экзамену № 1-37, выполнение курсовой работы	С ошибками способен определять область протекания каталитического процесса и аргументировать выбор требуемых характеристик катализаторов для обеспечения заданных показателей эффективности процесса	С помощью преподавателя определять область протекания каталитического процесса и аргументировать выбор требуемых характеристик катализаторов для обеспечения заданных показателей эффективности процесса	Самостоятельно способен определять область протекания каталитического процесса и аргументировать выбор требуемых характеристик катализаторов для обеспечения заданных показателей эффективности процесса
	Владеет методами определения оптимальных режимов проведения каталитических процессов по экспериментальным кинетическим параметрам	Вопросы к зачету, экзамену № 1-37, выполнение курсовой работы	С ошибками владеет методами определения оптимальных режимов проведения каталитических процессов по экспериментальным кинетическим параметрам	При консультации преподавателя владеет методами определения оптимальных режимов проведения каталитических процессов по экспериментальным кинетическим параметрам	Самостоятельно владеет методами определения оптимальных режимов проведения каталитических процессов по экспериментальным кинетическим параметрам
ПК-2.3 Кинетические модели основных промышленных каталитических процессов	Знает кинетические уравнения основных промышленных процессов	Вопросы к зачету, экзамену № 1-37, выполнение курсовой работы	С ошибками перечисляет кинетические уравнения основных промышленных процессов	С помощью преподавателя рассказывает кинетические уравнения основных промышленных процессов	Рассказывает кинетические уравнения основных промышленных процессов

	Умеет находить и критически анализировать исходные кинетические данные для конкретного промышленного каталитического процесса	Вопросы к зачету, экзамену № 1-37, выполнение курсовой работы	С ошибками способен находить и критически анализировать исходные кинетические данные для конкретного промышленного каталитического процесса	С помощью преподавателя способен находить и критически анализировать исходные кинетические данные для конкретного промышленного каталитического процесса	Самостоятельно способен находить и критически анализировать исходные кинетические данные для конкретного промышленного каталитического процесса
	Владеет практическими навыками использования полученных знаний в своей будущей производственно-технологической, научно-исследовательской и проектной деятельности	Вопросы к зачету, экзамену № 1-37, выполнение курсовой работы	С ошибками владеет практическими навыками использования полученных знаний в своей будущей производственно-технологической, научно-исследовательской и проектной деятельности	При консультации преподавателя владеет практическими навыками использования полученных знаний в своей будущей производственно-технологической, научно-исследовательской и проектной деятельности	Самостоятельно владеет практическими навыками использования полученных знаний в своей будущей производственно-технологической, научно-исследовательской и проектной деятельности

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ).

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме в форме защиты курсовой работы, шкала оценивания – балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»); в форме зачета, шкала оценивания – «зачтено» (если достигнут «пороговый» уровень освоения всех элементов компетенции), «не зачтено», и в форме экзамена, шкала оценивания – балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

3.1 Типовые контрольные вопросы к зачету и экзамену

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2:

1. Основные понятия формальной химической кинетики. Простые и сложные реакции. Скорость реакции.
2. Формальный закон действующих масс. Молекулярность химической реакции.
3. Элементарная реакция и элементарный акт. Механизм сложной химической реакции.
4. Сложные реакции. Типичные кинетические кривые для последовательных и параллельных реакций. Сопряженные реакции.
5. Порядок химической реакции. Методы определения. Связь порядка реакции с её механизмом.
6. Константа скорости реакции. Зависимость скорости реакции от температуры. Закон Аррениуса.
7. Дифференциальные уравнения химической кинетики. Задачи химической кинетики.
8. Энергия активации. Поверхность потенциальной энергии. Взаимосвязь между кинетическими и термодинамическими параметрами простой обратимой реакции.
9. Стехиометрия и кинетика. Стехиометрическое число и стехиометрические матрицы. Определение стехиометрических числа и матрицы химической реакции.
10. Ранг матрицы. Правило Гиббса для расчета ранга стехиометрической матрицы.
11. Маршрут, скорости по маршруту. Число независимых маршрутов реакции.
12. Уравнения стационарности Темкина. Лимитирующая стадия.
13. Квазистационарные реакции. Условия квазистационарности.
14. Области протекания гетерогенно-каталитических реакций. Закон действующих поверхностей.
15. Физическая и химическая адсорбция молекул на твердой поверхности.
16. Адсорбционная кинетика Лэнгмюра в случаях ассоциативной, диссоциативной и конкурентной адсорбции.
17. Механизм Лэнгмюра – Хиншельвуда для каталитических реакций на идеальной поверхности.
18. Принцип квазиравновесия и квазистационарности. Лимитирующая стадия.
19. Приближения необратимых стадий, наиболее избыточного интермедиата, почти свободной поверхности.
20. Механизм Или – Ридила.
21. Механизм Марса – ван Крелевена.
22. Стадийный и слитный механизм каталитического окисления углеводородов.
23. Кинетика окисления СО на металлах и на оксидах.
24. Автоколебания скорости каталитических реакций.
25. Энергетическая неоднородность поверхности и взаимное влияние адсорбированных частиц.
26. Кинетика на неоднородной поверхности. Подходы к выводу кинетических уравнений каталитических реакций на неоднородной поверхности.
27. Изотермы адсорбции на неоднородной поверхности. Вывод логарифмической изотермы.
28. Вывод уравнения Темкина – Пыжова для реакции синтеза аммиака на неоднородной поверхности.
29. Влияние основных технологических параметров и характеристик катализаторов на область протекания каталитического процесса.
30. Внутридиффузионная область протекания каталитических реакций. Эффективные и кнудсеновский коэффициенты диффузии.

31. Степень использования внутренней поверхности. Уравнение Тиле – Зельдовича.
32. Зависимости области протекания реакции от модуля Тиле. Кинетическая модель реакции в области внутренней диффузии.
33. Влияние процессов переноса на избирательность реакции. Оптимальная пористая структура и форма гранул катализаторов.
34. Кинетика гетерогенно-каталитических процессов во внешнедиффузионной области.
35. Учет взаимодействия реакционной среды с катализатором. Кинетика реакций на катализаторах с изменяющейся активностью.
36. Кинетика в условиях отравления поверхности катализаторов.
37. Механизмы и кинетические уравнения основных промышленных каталитических процессов.

При сдаче зачета экзамена студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы – до 45 мин.

4. Темы курсовых работ

1. Кинетика и механизм каталитического окисления диоксида серы.
2. Кинетика и механизм каталитического окисления СО.
3. Кинетика и механизм процесса паровой конверсии природного газа.
4. Кинетика и механизм процесса синтеза аммиака.
5. Кинетика и механизм процесса синтеза метанола.

5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП СПбГТИ 016–2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.