

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 12.09.2021 20:48:44
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84

Рабочая программа дисциплины
КИНЕТИКА ПРОЦЕССОВ ТЕХНОЛОГИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
(начало подготовки -2017 год)

Направление подготовки
18.03.01 Химическая технология

Направленность программы бакалавриата
Химическая технология неорганических веществ

Профессиональный модуль
Химическая технология неорганических веществ

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Заочная

Факультет **химии веществ и материалов**
Кафедра **общей химической технологии и катализа**

Санкт-Петербург

2017

Б1.В.ДВ.03.01.03

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчики		ст.н.с. Пахомов Н.А.

Рабочая программа дисциплины «Кинетика процессов технологии неорганических веществ» обсуждена на заседании кафедры общей химической технологии и катализа протокол от 19 октября 2016 № 5
Заведующий кафедрой

Е.А. Власов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов протокол от 17 ноября 2016 № 3
Председатель

С.Г. Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология» (неорганических веществ)		профессор А.А.Мальгин
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	04
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	05
3. Объем дисциплины	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	06
4.2. Занятия лекционного типа	07
4.3. Занятия семинарского типа	07
4.3.1. Семинары, практические занятия	07
4.3.2. Лабораторные занятия	07
4.4. Самостоятельная работа	08
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	10
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», 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	
10.1. Информационные технологии	12
10.2. Программное обеспечение	12
10.3. 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	12

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 освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-3	готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - уравнения формальной кинетики и кинетики сложных, гомогенных и гетерогенных каталитических реакций; - классификацию основных кинетических процессов ТНВ; - основные механизмы протекания реакций на поверхности катализаторов; - области протекания каталитических реакций; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять основные кинетические характеристики процессов ТНВ; - рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства неорганических веществ, оценивать технологическую эффективность производства <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками расчета констант равновесия химических реакций при заданной температуре; - методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента.
ПК-2	готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные модели кинетических уравнений на однородной и неоднородной поверхности; - роль диффузионных процессов в каталитических и некаталитических топахимических реакциях <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации и оптимизации процессов ТНВ

	оборудования	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> -методами анализа эффективности работы химических производств; -методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов, пакетами прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов на основе кинетических экспериментов; - методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования для получения неорганических веществ
ПК- 18	готовность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - механизмы протекания основных гетерогенных каталитических и некаталитических реакций процессов ТНВ <p><u>уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач, работать с программными средствами общего назначения; - выполнять основные химические операции, определять основные кинетические характеристики химических реакций; - использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической химии для решения профессиональных задач.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Кинетика процессов ТНВ» относится дисциплинам профессионального модуля по выбору Б1.В.ДВ.03.01.03 и изучается на IV курсе (сессия 3).

Учебный курс дисциплины излагается с учетом знаний, полученных студентами в процессе изучения таких дисциплин как «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Общая химическая технология», «Научные основы катализа и адсорбции», «Гетерогенные процессы технологии неорганических веществ», «Технология малотоннажных продуктов».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Кинетика процессов ТНВ» знания, умения и навыки используются при изучении следующих дисциплин данной образовательной программы: «Технология минеральных удобрений», «Технологическое оборудование», во время прохождения технологической и преддипломной практики, при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Заочная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	10/ 360
Контактная работа с преподавателем:	48
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	30
семинары, практические занятия	6
лабораторные работы	24
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	-
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	299
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	Кр3
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен (9), зачёт (4)

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Основные понятия формальной химической кинетики	2	2		49	ОПК-3
2.	Стехиометрия и кинетика, маршруты реакций	2	-		50	ОПК-3 ПК-2
3	Кинетика каталитических реакций на однородной и неоднородной поверхности	4	2	8	80	ОПК-3 ПК-18
4.	Диффузионная кинетика каталитических реакций	4	-	8	40	ОПК-3 ПК-18
5.	Кинетика некаталитических	6	2	8	80	ОПК-3

гетерогенных реакций с участием твердой фазы					ПК-2 ПК-18
--	--	--	--	--	---------------

4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	<u>Основные понятия формальной химической кинетики.</u> Классификация кинетических процессов в технологии неорганических веществ. Основные понятия формальной химической кинетики.	2	Компьютерная презентация
2	<u>Стехиометрия и кинетика.</u> Стехиометрическое число и стехиометрические матрицы. Маршрут, скорости по маршруту. Число независимых маршрутов реакции. Уравнения стационарности Темкина. Лимитирующая стадия.	2	Компьютерная презентация
3	<u>Кинетика каталитических реакций</u> Кинетика гомогенных каталитических реакций. Кинетика общего и специфического кислотно-основного катализа. Области протекания гетерогенно-каталитических реакций. Закон действующих поверхностей и его ограничения.	4	Компьютерная презентация
4	<u>Диффузионная кинетика каталитических реакций.</u> Внутренняя диффузия. 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.	4	Компьютерная презентация
5	Кинетика некаталитических реакций с участием твердой фазы. Механизм и кинетика реакций твердое – жидкое. Скорость растворения и гидратации. Кинетика кристаллизации из растворов и расплавов. Кинетика образования зародышей кристаллов. Скорость роста кристаллов. Влияние диффузии. Скорости фильтрации суспензий.	6	Компьютерная презентация

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	Решение задач по формальной кинетике	2	Компьютерная симуляция
3	Решение задач по кинетике каталитических реакций	2	Компьютерная симуляция
5	Решение задач по кинетике топохимических	2	Компьютерная

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
	реакций		симуляция

4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
3	Исследование кинетики реакции окисления диоксида серы	8	
4	Исследование кинетики каталитической реакции на катализаторах с различной пористой структурой	8	Групповая дискуссия
5	Исследование кинетики процесса восстановления оксидов	8	

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Простые и сложные реакции. Скорость реакции. Закон действующих масс. Константа скорости реакции. Закон Аррениуса. Энергия активации. Поверхность потенциальной энергии. Связь между кинетическими и термодинамическими параметрами простой обратимой реакции. Сложные реакции. Типичные кинетические кривые для последовательных и параллельных реакций. Сопряженные реакции. Квазистационарные реакции. Условия квазистационарности. Теория стационарных реакций. Решение дифференциальных уравнений для кинетики необратимых реакций первого, второго и n-го порядков.	49	Контрольная работа №1
2	Составление стехиометрических матриц типовых химических реакций. Анализ стехиометрических матриц для модельных реакций. Подготовка отчёта	50	Контрольная работа №1
3	Физическая и химическая адсорбция молекул. Ассоциативная (молекулярная) адсорбция. Вывод уравнения Ленгмюра. Диссоциативная адсорбция. Конкурентная адсорбция. Адсорбционная кинетика Ленгмюра – Хиншельвуда для простых и сложных каталитических реакций на идеальной поверхности. Механизм Или –Ридела. Кинетика на неоднородной поверхности. Энергетическая	80	Контрольная работа №2

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	<p>неоднородность поверхности и взаимное влияние адсорбированных частиц. 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. Механизмы и кинетические уравнения основных промышленных каталитических реакций ТНВ. Синтез аммиака. Паровая конверсия метана. Реакция окисления и восстановления оксида углерода. Окисление аммиака. Синтез карбамида. Окисление SO₂ в SO₃. Кинетика реакций гетерогенного катализа с учетом воздействия реакционной среды на состояние катализатора. Физико-химические методы <i>in situ</i> при изучении кинетики и механизма гетерогенных каталитических реакций</p>		
4	<p>Оптимальная пористая структура катализатора. Кинетика гетерогенно – каталитических процессов во внешнедиффузионной области. Критерии подобия. Критерий Рейнольдса. Влияние основных технологических параметров на область протекание процесса. Кинетика важнейших промышленных процессов, протекающих во внешнедиффузионной области. Теории подобия. Учет влияния переноса тепла в диффузионной кинетике</p>	40	Контрольная работа №3
5	<p>Кинетика топохимических реакций. Механизм и кинетика реакции твердое тело – газ. Влияние процессов диффузии. Кинетика восстановления оксидов, окисления металлов. Кинетика и механизм разложения твердых веществ: реакции дегидратации гидроксидов и разложения солей. Механизм и кинетика твердофазного взаимодействия твердо – твердое при синтезе сложных оксидов в процессах приготовления катализаторов и высокотемпературной керамики. Механизмы гетерогенного взаимодействия. Современные методы изучения кинетики и механизма топохимических реакций</p>	80	Контрольная работа №3

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

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена, и зачета (4 курс).

К прохождению промежуточной аттестации допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - 45 мин.

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется заданием, направленным на проверку умений и навыков.

При сдаче зачета, студент получает 1 вопрос из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример вариант вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Классификация кинетических процессов в технологии неорганических веществ.
2. Адсорбционная кинетика Ленгмюра – Хиншельвуда для простых и сложных каталитических реакций на идеальной поверхности

Пример вариант вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Гранулу катализатора радиуса R ламинарно обтекает поток жидкости (скоростью V), содержащий реагент в концентрации $/C_0/$. Оценить количество реагента, прореагировавшего в единицу времени, если скорость реакции лимитируется диффузией реагента из потока, обтекающего гранулу, к поверхности гранулы. Коэффициент диффузии реагента D . Реакция необратима.

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

а) основная литература:

1. 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. - Электрон. текстовые дан. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2014. - 288 с. (ЭБС)

2. Пахомов, Н.А. Научные основы приготовления катализаторов. Введение в теорию и практику / Н.А. Пахомов; отв. ред. В.А. Садыков; Рос.акад. наук, Сиб. Отд-ние, Ин-т катализа им.Г.К.Борескова. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 262 с.

б) дополнительная литература:

1. Чоркендорф, И.. Современный катализ и химическая кинетика. (пер. с англ.) 2-е изд./ Х. Наймантсведрайт – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. – 504 с.

2. Крылов, О.В. Гетерогенный катализ / О.В. Крылов. –М.: Академкнига, 2004. – 679 с.

3. Колесников, И.М. Катализ и производство катализаторов/И.М.Колесников.- М.: «Техника», 2004. – 400 с.

4. Байрамов В.М. Химическая кинетика и катализ. Примеры и задачи с решениями/ В.М.Байрамов.-М.: Асадема, 2003. -252 с.

5. Фенелонов, В.Б. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов / В.Б. Фенелонов. – Новосибирск: Изд СО РАН, 2004.-440 с.

6. Байрамов, В.М. Основы химической кинетики и катализа. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В.М. Байрамов. – М.: Изд. Центр «Академия», 2003. – 256 с.

в) вспомогательная литература:

1.Иоффе,И.И. Гетерогенный катализ:физико-химические основы / И. И. Иоффе, В. А. Решетов, А. М. Добротворский. - Л. : Химия, 1985. - 224 с

2. Боресков, Г.К. Гетерогенный катализ / Г. К. Боресков. - М. : Наука, 1988. - 303 с.

3. Лич, Б. Катализ в промышленности. Т.1-2. Пер. с англ. / Под ред. Б. Лича. – М.: Мир, 1986. – 324 с.

4. Панченков, Г.М. Химическая кинетика и катализ:учебное пособие для химических и химико-технологических спец. вузов / Г. М. Панченков, В. П. Лебедев. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Химия, 1985. - 590 с.

5.Сеттерфилд, Ч. Практический курс гетерогенного катализа:научное издание / Ч. Сеттерфилд; пер. с англ. А. Л. Клячко, В. А. Швец. - М. : Мир, 1984. - 520 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», 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/>.

Полнотекстовая коллекция (база данных) электронных книг издательства Springer Nature с 2011 по 2017 год (46332 книги). <http://link.springer.com/>

База данных REAXYS . www.reaxys.com

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине 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.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКВД. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. 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 016-2014. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

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

На занятия студент должен приходить, имея багаж знаний и вопросов 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

MicrosoftOffice (MicrosoftExcel).

10.3 Информационные справочные системы

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

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

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 15 посадочных мест.

Для проведения лабораторных занятий используется компьютерный класс, оборудованный персональными компьютерами, объединенными в сеть.

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 отдельный сервер, подключенный к сети института.

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 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Кинетика процессов ТНВ»**

1 Перечень компетенций и этапов их формирования

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ОПК-3	готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире	промежуточный
ПК-2	готовностью применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования	промежуточный
ПК-18	готовностью использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	промежуточный

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

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	Знает уравнения формальной кинетики и кинетики сложных, гомогенных и гетерогенных каталитических реакций; классификацию основных кинетических процессов ТНВ; основные механизмы протекания реакций на поверхности катализаторов; области протекания каталитических реакций.	Правильные ответы на вопросы № 1–11 к экзамену.	ОПК-3
Освоение раздела № 2	Знает основные модели кинетических уравнений на однородной и неоднородной поверхности; роль диффузионных процессов в каталитических и некаталитических топочимических реакциях	Правильные ответы на вопросы № 1-11,12-26 к экзамену.	ОПК-3 ПК-2

	Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач расчета	Правильные ответы на вопросы №1-10 к зачёту.	
Освоение раздела № 3	<p>Знает основные модели кинетических уравнений на однородной и неоднородной поверхности; роль диффузионных процессов в каталитических и некаталитических топохимических реакциях</p> <p>Умеет использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач, работать с программными средствами общего назначения; выполнять основные химические операции, определять основные кинетические характеристики химических реакций; использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической химии для решения профессиональных задач.</p> <p>Владеет навыками расчета констант равновесия химических реакций при заданной температуре; методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 1-11,27-58 к экзамену.</p> <p>Правильные ответы на вопросы №1-10 к зачёту.</p>	ОПК-3 ПК-18
Освоение раздела № 4	<p>Знает механизмы протекания основных гетерогенных каталитических и некаталитических реакций процессов ТНВ.</p> <p>Умеет использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач, работать с программными средствами общего назначения.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 1-11,27-58 к экзамену.</p> <p>Правильные ответы на вопросы №1-10 к зачёту.</p>	ОПК-3 ПК-18

Освоение раздела № 5	<p>Знает основные модели кинетических уравнений на однородной и неоднородной поверхности; роль диффузионных процессов в каталитических и некаталитических топахимических реакциях</p> <p>Умеет использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач, работать с программными средствами общего назначения; выполнять основные химические операции, определять основные кинетические характеристики химических реакций; использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической химии для решения профессиональных задач.</p> <p>Владеет методами анализа эффективности работы химических производств; методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов, пакетами прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов на основе кинетических экспериментов; методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования для получения неорганических веществ</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 1-58 к экзамену.</p> <p>Правильные ответы на вопросы №1-10 к зачёту.</p> <p>Выполнение курсовой работы</p>	<p>ОПК-3 ПК-2 ПК-18</p>
----------------------	--	--	---------------------------------

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена, результат оценивания –балльная система, в форме зачета, результат оценивания – «зачтено», «не зачтено».

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

3.1. Типовые контрольные вопросы к экзамену:

а) Вопросы и для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-3:

1. Что называется механизмом (кинетической схемой) химической реакции:
 - А) количество реагентов вступивших и образовавшихся в ходе реакции;
 - Б) суммарное уравнение реакции;
 - В) совокупность простых реакций, через которые она протекает
2. Кинетических закон действующих масс формулируется следующим образом:
 - А) скорость химической реакции пропорциональна массам реагирующих веществ;
 - Б) - скорость химической реакции пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ, возведенных в некоторые степени;
 - В) скорость химической реакции пропорциональна произведению стехиометрических коэффициентов химической реакции.
3. Молекулярность химической реакции – это:
 - А) число молекул, взятых для проведения химической реакции;
 - Б) число молекул, которые могут участвовать в химическом превращении;
 - В) число молекул, подвергшихся химическому превращению в ходе этой реакции.

4. При проведении кинетического эксперимента был вычислен дробный порядок реакции. Это может свидетельствовать:
- А) о грубой ошибке эксперимента;
 - Б) об ошибке в расчетах;
 - В) о том, что исследуемая реакция не является простой (элементарной).
5. Закон действующих формулируется следующим образом:
- А) скорость каталитической реакции пропорциональна всей площади поверхности катализатора;
 - Б) скорость каталитической реакции пропорциональна только действующей поверхности катализатора;
 - В) Скорость каталитической реакции пропорциональна поверхностным концентрациям реагирующих веществ в степенях, равных их стехиометрическим коэффициентам
6. Какие из перечисленных ниже стадий не относятся к стадиям гетерогенно-каталитического процесса:
- 1. Реакция в газовом потоке около внешней и внутренней поверхности катализатора;
 - 2. Перенос реагентов из газового потока, проходящего через слой катализатора, к внешней поверхности гранулы;
 - 3. Перенос исходных реагентов от внешней поверхности гранул катализатора к их центру;
 - 4. Адсорбция реагентов на поверхности катализатора;
 - 5. Реакция на поверхности;
 - 6. Растворение адсорбированных реагентов в объеме катализатора.
7. В состоянии адсорбционного равновесия:
- А) равны концентрации молекул на поверхности и в газовом объеме;
 - Б) равны скорости адсорбции и десорбции;
 - В) равны константы адсорбции и десорбции.
8. Промежуточные соединения в гетерогенной каталитической реакции:
- А) это вещества, концентрация которых ничтожно мала по сравнению с продуктами реакции;
 - Б) это поверхностные соединения с катализаторов, возникающие и превращающиеся в ходе реакции
 - В) это вещества, которые не могут быть выделены вместе с исходными компонентами или продуктами реакции
9. В адсорбционном механизме Ленгмюра – Хиншельвуда общая скорость реакции лимитируется:
- А) скоростью адсорбции реагирующих веществ;
 - Б) скоростью адсорбции хотя бы одного из компонентов;
 - В) скоростью реакции между хемосорбированными частицами.
10. В механизм Или – Ридела протекает следующая реакция:
- А) хемосорбированная частица реагирует с физически адсорбированной молекулой
 - Б) Взаимодействуют две физически адсорбированные молекулы;
 - В) Взаимодействует одна адсорбированная частица, а вторая частица подходит из газовой фазы.
11. Во внутридиффузионной области каталитического процесса общая скорость лимитируется:
- А) скоростью диффузии реагирующих молекул из газового потока;
 - Б) скоростью химической реакции на внутренней поверхности катализатора;
 - В) скоростью диффузии реагентов в порах зерна катализатор.

б) Вопросы и для оценки сформированности элементов компетенции ПК-2:

12. Классификация кинетических процессов в технологии неорганических веществ.

- 13.Адсорбционная кинетика Ленгмюра – Хиншельвуда для простых и сложных каталитических реакций на идеальной поверхности
- 14.Механизм и кинетика реакций твердое – жидкое. Скорость растворения и гидратации.
- 15.Основные понятия формальной химической кинетики. Простые и сложные реакции. Скорость реакции. Закон действующих масс.
- 16.Энергетическая неоднородность поверхности и взаимное влияние адсорбированных частиц.
- 17.Кинетика кристаллизации из растворов и расплавов. Кинетика образования зародышей кристаллов. Скорость роста кристаллов. Влияние диффузии.
- 18.Константа скорости реакции. Зависимости скорости реакции от температуры. Закон Аррениуса.
- 19.Механизм Или –Ридела.
- 20.Фильтрация суспензий. Скорости фильтрации.
- 21.Энергия активации. Поверхность потенциальной энергии. Связь между кинетическими и термодинамическими параметрами простой обратимой реакции.
- 22.Изотермы адсорбции на неоднородной поверхности. Вывод логарифмической изотермы.
- 23.Кинетика топохимических реакций. Механизм и кинетика реакции твердое тело – газ. Влияние процессов диффузии.
- 24.Сложные реакции. Типичные кинетические кривые для последовательных и параллельных реакций. Сопряженные реакции.
- 25.Кинетика на неоднородной поверхности. Подходы к выводу кинетических уравнений катализа на неоднородной поверхности.
- 26.Механизм и кинетика реакции разложения карбонатов

в) Вопросы и для оценки сформированности элементов компетенции ПК-18:

- 27.Квазистационарные реакции. Условия квазистационарности.
- 28.Внутренняя диффузия. Эффективный коэффициент диффузии.
- 29.Кинетика и механизм разложения твердых веществ: реакции дегидратации гидроксидов и разложения солей.
- 30.Теория стационарных реакций.
- 31.Учет взаимодействия реакционной среды с катализатором. Кинетика реакций на катализаторах с изменяющейся активностью.
- 32.Кинетика выщелачивания
- 33.Стехиометрия и кинетика. Стехиометрическое число и стехиометрические матрицы.
- 34.Кинетика в условиях отравления поверхности катализаторов.
- 35.Механизмы и кинетические уравнения основных промышленных каталитических реакций ТНВ. Синтез метанола
- 36.Закон действующих поверхностей.
- 37.Влияние основных технологических параметров на область протекание каталитического процесса.
- 38.Кинетика реакции экстракции фосфорной кислоты из природных фосфатов
- 39.Маршрут реакции, скорости по маршруту. Число независимых маршрутов реакции.
- 40.Кинетика гетерогенно – каталитических процессов во внешнедиффузионной области.
- 41.Кинетика топохимических реакций. Общие положения.
- 42.Уравнения стационарности Темкина. Лимитирующая стадия.
- 43.Влияние процессов переноса на избирательность реакции.
- 44.Кинетика твердофазного взаимодействия.
- 45.Кинетика гомогенных каталитических реакций.
- 46.Физическая и химическая адсорбция молекул на твердой поверхности. 47.Вывод уравнения Ленгмюра для ассоциативной адсорбции.
- 48.Кинетика общего и специфического кислотно-основного катализа.

49. Механизмы и кинетические уравнения основных промышленных каталитических реакций ТНВ. Синтез аммиака
50. Зависимости области протекания реакции от параметра Тиле.
51. Области протекания гетерогенно-каталитических реакций. Закон действующих поверхностей.
52. Кинетика в условиях отравления поверхности катализаторов.
53. Кинетика реакций окисления металлов
54. Закон действующих масс. Ограничения кинетики.
55. Кинетика окисления СО на оксидах и металлах. Автоколебания скорости реакции.
56. Кинетика кристаллизации из расплавов.
57. Диссоциативная адсорбция молекул на идеальной поверхности. Вывод уравнения Ленгмюра.
58. Степень использования внутренней поверхности. Уравнение Тиле – Зельдовича.

3.2. Типовые контрольные вопросы к зачёту:

Вопросы и для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-3, ПК-2, ПК-18:

Задание 1. Окисление смеси водорода и оксида углерода на платине при значительном недостатке кислорода протекает по механизму:

1. $2Z + O_2 \xrightarrow{k_1} 2ZO$
2. $2Z + H_2 \xrightleftharpoons{K_2} 2ZH$ равновесная
3. $Z + CO \xrightleftharpoons{K_3} ZCO$ равновесная
4. $ZO + ZCO \xrightarrow{k_4} 2Z + CO_2$
5. $ZO + ZH \xrightarrow{k_5} Z + ZOH$
6. $ZOH + ZH \xrightarrow{k_6} 2Z + H_2O$.

Установить зависимость отношения стационарных скоростей образования CO_2 и H_2O (W_{CO_2}/W_{H_2O}) от парциальных давлений реагентов, если известно, что заполнение поверхности кислородом (ZO) и гидроксильными группами (ZOH) существенно меньше 1.

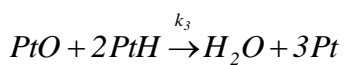
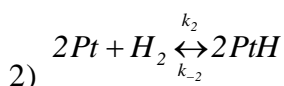
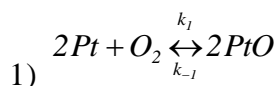
Задание 2. Каталитическая реакция восстановления оксида азота оксидом углерода приводит к образованию CO_2 , N_2O и N_2 и протекает по механизму:

1. $2Z + NOg \rightarrow N_s + O_s$
2. $O_s + COg \rightarrow CO_2g$
3. $2N_s \rightarrow N_2g$
4. $N_s + NOg \rightarrow N_2Og$,

где индексы s и g обозначают частицы на поверхности катализатора и в газовой фазе.

Определить селективность образования N_2O , если известно, что в стационарных условиях протекания реакции скорости образования CO_2 и N_2 соответственно равны $W_{CO_2} = 10 \mu\text{моль/мин}$, а $W_{N_2} = 3 \mu\text{моль/мин}$.

Задание 3. В интервале температур $900 \div 1000$ К механизм стационарного окисления водорода на Pt описывается следующей схемой:



Рассчитать энергию активации стадии 3, если известно, что:

– стадии адсорбции являются неактивированными $k_1 = 3,6 \cdot 10^{19} \frac{\text{молек.}O_2}{\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{торр}}$ и

$$k_2 = 2 \cdot 10^{20} \frac{\text{молек.}H_2}{\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{торр}},$$

– теплоты адсорбции водорода и кислорода равны 18 и 50 ккал/моль;

– при давлениях $P_{H_2} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ торр}$ и $P_{O_2} = 10^{-7} \text{ торр}$ скорость равна $2,5 \cdot 10 \cdot 10^{12} \frac{\text{молек.}O_2}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$ при 900 К и $1 \cdot 10^{12} \frac{\text{молек.}O_2}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$ при 1000 К.

Задание 4. Гранулу катализатора радиуса R ламинарно обтекает поток жидкости (скоростью V), содержащий реагент в концентрации $/C_0/$. Оценить количество реагента, прореагировавшего в единицу времени, если скорость реакции лимитируется диффузией реагента из потока, обтекающего гранулу, к поверхности гранулы. Коэффициент диффузии реагента D . Реакция необратима.

Задание 5. В микрогетерогенной системе, состоящей из капелек воды радиуса R в масле, в момент времени $t = 0$ в каждой капельке создаётся пара реагентов А, В, которые могут либо прорекомбинировать, либо выйти из капельки в масло, мгновенно вступив с ним в реакцию. Оценить вероятность выхода реагентов из капли и эффективную константу исчезновения А в системе, если скорость рекомбинации $A + B = AB$ определяется диффузией.

Коэффициент диффузии $D_A \approx D_B$, радиусы А и В: $r_A \approx r_B$

3.3 Типовые задания для выполнения контрольных работ:

1. Основные этапы гетерогенно – каталитического процесса;
2. Кинетика синтеза аммиака;
3. Выбор соотношения исходных реагентов;
4. Скорость адсорбции на неоднородной и однородной поверхности;
5. Расчет равновесных концентраций.
6. Каталитические процессы на однородной и неоднородной поверхности катализатора;
7. Кинетика процесса конверсии окиси углерода на окисных катализаторах;
8. Равновесие каталитических реакций.
9. Каталитические процессы на однородной и неоднородной поверхности катализатора;
10. Кинетика окисления сернистого газа;
11. Простые, сложные и многомаршрутные реакции;
12. Кинетика изотопного обмена;
13. Соотношение линейности;
14. Ограничения кинетики.
15. Разогрев поверхности катализатора;
16. Кинетика реакции углекислого газа с углем;
17. Логарифмическая изотерма адсорбции;

- 18.Равновесные параметры химической реакции.
- 19.Влияние технологических параметров на скорость процесса;
- 20.Кинетика синтеза метанола;
- 21.Реакции без лимитирующей стадии;
- 22.Диффузия газа в порах катализатора;
- 23.Отравление катализаторов;
- 24.Кинетика конверсии окиси углерода на неоднородной поверхности катализатора;

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.

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

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета, студент получает задание из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями «Положения о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся» (Приказ ректора от 12.12.2014 № 463) и СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.