

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 12.09.2021 20:34:46
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84

Рабочая программа дисциплины
ГЕТЕРОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ 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

Очная

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **общей химической технологии и катализа**

Санкт-Петербург

2017

Б1.В.ДВ.03.01.02

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчики		Доцент А.Ю.Постнов

Рабочая программа дисциплины «Гетерогенные процессы 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.....	09
4.3.1. Семинары, практические занятия	09
4.3.2. Лабораторные занятия	09
4.4. Самостоятельная работа.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	11
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	12
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Информационные справочные системы.....	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	13
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 освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Коды компетенции</i>	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: основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния; основные параметры, с помощью которых возможно регулирование скорости и характера их протекания.</p> <p>Уметь: использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности; обосновать выбор способов и режима технологических воздействий для превращения исходных компонентов в целевой вид продукции;</p>
ПК-16	способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<p>Владеть: - методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента;</p>
ПК-17	готовность проводить стандартные и сертификационные испытания материалов, изделий и технологических процессов	<p>Уметь: устанавливать взаимосвязь выявленных дефектов продукции с отклонениями технологического режима;</p> <p>Владеть: методами определения оптимальных технологических режимов работы оборудования</p>
ПК-18	готовность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	<p>Знать: физико-химические и технологические особенности типовых гетерогенных процессов ТНВ: растворения, выпаривания, кристаллизации, разделения суспензий, сушки,</p>

		гранулирования; Уметь: анализировать влияние технологических параметров на свойства получаемых материалов; формулировать задания на разработку требований к организации и режимным показателям типовых технологических операций.
ПК-19	готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления	знать: - основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния; уметь: - использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач, работать с программными средствами общего назначения; владеть: методами и способами определения параметров типовых гетерогенных процессов ТНВ и оценки их влияния на показатели качества целевой продукции

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам профессионального модуля по выбору (Б1.ДВ.03.01.02) и изучается на 3 курсе в 5 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на компетенции, сформированные в процессе изучения таких дисциплин как «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Общая химическая технология», Коллоидная химия», «Основы экологии». Полученные в процессе изучения дисциплины «Гетерогенные процессы технологии неорганических веществ» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Кинетика процессов технологии неорганических веществ», «Технологическое оборудование», «Научные основы катализа и адсорбции», во время прохождения во время прохождения производственной практики и выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	8/ 288
Контактная работа с преподавателем:	150
занятия лекционного типа	72
занятия семинарского типа, в т.ч.	72

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
семинары, практические занятия	18
лабораторные работы	54
курсовое проектирование (КР или КП)	–
КСР	6
другие виды контактной работы	–
Самостоятельная работа	102
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен(36), зачёт

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	Общие закономерности протекания гетерогенных процессов	10	4	-	10	ОПК-3
2	Сорбционные гетерогенные процессы	6	-	8	10	ПК-16 ПК-19
3	Система «газ-жидкость»	8	2	8	10	ПК-16 ПК-18
4	Система «газ-твёрдое»	14	2	8	10	ПК-16 ПК-18
5	Система «жидкость-твёрдое»	6	2	8	10	ПК-16 ПК-18
6	Реактора для гетерогенных процессов	8	4		20	ПК-18 ПК-19
7	Температурные режимы гетерогенных процессов	8	2		20	ПК-17 ПК-19
8	Гетерогенно-каталитические процессы	12	2	22	12	ПК-16 ПК-19

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	<u>Общие закономерности протекания гетерогенных</u>	6	Компьютерная

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p><u>процессов</u></p> <p>Характеристика и классификация гетерогенных химико-технологических процессов: по фазовому состоянию системы; по типам реакций; по механизму реакций и механизму процесса; по тепловому эффекту. Физические и химические этапы химико-технологических процессов. Примеры гетерогенных реакций и процессов. Глубина протекания процесса и селективность, формулы, применяемые в различных гетерогенных процессах для определения глубины превращения и селективности. Связь степени превращения, селективности и времени пребывания реакционной смеси в реакторе. Химическое равновесие в гетерогенных системах. Понятие о лимитирующей стадии гетерогенного процесса. Внешнедиффузионная область протекания гетерогенного процесса. Влияние параметров на его скорость. Основные уравнения скорости процесса в этой области и их анализ. Внутридиффузионная область протекания гетерогенного процесса. Влияние параметров на его скорость. Основные уравнения скорости процесса в этой области и их анализ. Кинетическая область протекания гетерогенного процесса. Влияние параметров процесса на его скорость. Основные уравнения скорости процесса в этой области и их анализ.</p>		презентация
2	<p><u>Сорбционные гетерогенные процессы</u></p> <p>Природа и виды адсорбентов. Натуральные и синтетические адсорбенты. Адсорбционное и адсорбционно-химическое равновесия. Уравнения изотермы Ленгмюра и БЭТ.</p>	6	Компьютерная презентация
3	<p><u>Система «газ-жидкость».</u></p> <p>Абсорбция, десорбция, хемосорбция. Основные параметры, влияющие на растворимость газов. Статика и кинетика абсорбции. Движущая сила процесса. Области применения абсорбционных процессов в технологии неорганических веществ. Типовые реакторы для проведения процессов в системе «газ-жидкость».</p>	8	Компьютерная презентация
4	<p><u>Система «газ-твёрдое».</u></p> <p>Равновесие в системе «газ-твёрдое». Кинетика процессов с участием твёрдой и газовой фаз. Коэффициент массопередачи, движущая сила процесса, величина межфазной поверхности. Лимитирующая стадия процесса. Квазигомогенная модель и модель с невзаимодействующим ядром. Методы интенсификации химических процессов в системе «газ-твёрдое». Примеры технологических систем.</p>	14	Компьютерная презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Типы реакторов для гетерогенных процессов в системе <u>«газ-твёрдое»</u> . Конкретные примеры промышленных процессов в системе <u>«газ-твёрдое»</u> .		
5	<p><u>Системы «жидкость-твёрдое»</u>. Основные стадии процесса кристаллизации: образование пересыщенного раствора, зародышеобразование, рост кристаллов, перекристаллизация. Пересыщенные растворы. Стабильное, метастабильное и лабильное состояние растворов. Влияние различных факторов на скорость зародышеобразования. Основные стадии роста кристаллов. Факторы, определяющие скорость роста. Влияние примесей на кристаллизацию. Технологические приемы получения кристаллов с заданными характеристиками в условиях массовой кристаллизации. Классификация методов разделения суспензий. Отстаивание. Схема процесса сгущения. Центрифугирование, преимущества и недостатки метода. Схема разделения суспензий с применением центрифуги. Фильтрование, скорость фильтрации, ее зависимость от разности давлений по обе стороны фильтровальной перегородки, толщины слоя осадка, состава и температуры пульпы. Обоснование выбора метода разделения суспензии. Понятие о сопряженной системе реактор - фильтр. Классификация методов промывки осадков. Промывка методом вытеснения с использованием фильтров периодического и непрерывного действия. Промывка методом разбавления с использованием фильтров периодического и непрерывного действия.</p>	14	Компьютерная презентация
6	<p><u>Реактора для гетерогенных процессов</u>. Особенности устройства и расчёта реакторов для гетерогенных процессов. Псевдооживленный слой. Гидродинамика и теплообмен в кипящем слое. Моделирование реактора кипящего слоя</p>	8	Компьютерная презентация
7	<p><u>Температурные режимы гетерогенных процессов</u>. Способы проведения гетерогенных процессов при низких и средних температурах. Влияние температуры на диффузионные и химические этапы. Оптимальная технологическая температура и экономически рациональная температура. Однополочный реактор без теплообменных устройств. Батарея однополочных реакторов. Многополочный реактор с охлаждением между полками с введением холодного реагента. Трубчатые реактора. Трубчатый реактор с катализатором в трубках. Трубчатый реактор с катализатором в межтрубном пространстве. Комбинированные</p>	8	Компьютерная презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	реактора (полочно-трубчатые). Реакторы поверхностного контакта.		
8	<u>Гетерогенно-каталитические процессы.</u> Структура и основные характеристики зернистого слоя катализатора. Динамика газовых потоков в зернистом слое. Неоднородность потоков, ее влияние на характеристики процесса. Гидравлические режимы движения реагентов. Расчет гидравлического сопротивления. Оптимальные размеры и форма зерен катализатора. Процессы переноса вещества и тепла между наружной поверхностью зерен катализатора и реакционным потоком. Влияние внешнего массо- и теплообмена на скорость каталитической реакции. Продольный и радиальный перенос вещества и тепла в слое катализатора. Диффузионная модель. Внешняя теплоотдача в слое катализатора. Уравнения материального и теплового баланса. Математическое описание химического процесса в слое катализатора. Критериальные зависимости для оценки коэффициентов переноса. Влияние процессов переноса массы и тепла в слое на выходные характеристики процесса.	12	Компьютерная презентация

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Расчёт равновесного состава реакционной смеси в гетерогенных системе «газ-твёрдое»	4	Компьютерная симуляция
3	Расчёт материального баланса процесса абсорбции в насадочной колонне	2	
4	Расчёт времени полного разложения твёрдого материала	2	
5	Растворение фосфатного сырья кислотами. Влияние нормы и концентрации кислоты на полноту растворения и состав продуктов	2	Компьютерная симуляция
6	Расчет количества трубок для реактора заданной производительности.	4	Компьютерная симуляция
7	Расчёт реактора для эндотермического обжига	2	Компьютерная симуляция
8	Расчёт реактора для окисления диоксида серы с внешним теплообменом между полками	2	Компьютерная симуляция

4.3.2 Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	Исследование процесса адсорбции в статических и динамических условиях	8	
3	Моделирование процесса абсорбции в насадочной колонне и пенном аппарате	8	Компьютерная симуляция
4	Определение кинетических параметров процесса окисления твёрдого материала на основании экспериментальных данных	8	Компьютерная симуляция
5	Определение гигроскопичности минеральных удобрений и солей	8	
8	Каталитическое окисление диоксида серы	8	
8	Каталитическая паровая конверсия метана	8	
8	Каталитическое окисление водорода	6	

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Методы и технология определения лимитирующей стадии процесса. Общие способы увеличения скорости гетерогенного процесса.	10	Письменный опрос
2	Методы осушки газовых смесей.	10	Письменный опрос
3	Динамические методы проведения процесса абсорбции	10	Письменный опрос
4	Методы определения кинетических параметров процессов в системе «газ-твёрдое»	10	Письменный опрос
5	Методы разделения суспензий. Выбор метода промывки для конкретных характеристик осадков	10	Письменный опрос
6	Гетерогенные процессы в фонтанирующем слое твёрдого материала.	20	Письменный опрос
7	Оптимизация работы реактора для окисления диоксида серы с внешним теплообменом между полками по технико-экономическим критериям	20	Проверка решения
8	Производство водорода из различного углеводородного сырья	12	Проверка решения

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 (5 семестр) и зачета (5 семестр).

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

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) для проверки знаний, 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 вопросами (заданиями) направленными на проверку умений и навыков.

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

Пример вариант вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Методы разделения суспензий.
2. Реакторы с псевдооживленным слоем материала.

Пример вариант вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Определение времени полного превращения твердого материала.
2. Составление материального баланса насадочной колонны.

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

а) основная литература:

1. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования химико-технологических систем : учебник для вузов по химико-технологическим направлениям подготовки и специальностям / И. М. Кузнецова [и др.] ; под ред. Х. Э. Харлампиди. - 2-е изд., перераб. - Электрон. текстовые дан. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2014. - 381 с. (ЭБС «Лань»)
2. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов : учебник для вузов по химико-технологическим направлениям подготовки и специальностям / И. М. Кузнецова [и др.] ; под ред. Х. Э. Харлампиди. - 2-е изд., перераб. - Электрон. текстовые дан. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2013. - 448 с.
3. Общая химическая технология: учебник для хим.-технол. спец. вузов. В 2-х ч./ под ред. И.П. Мухленова. – 5 изд. стер. -М.:Альянс, 2009.- Ч 1: Теоретические основы химической технологии.- 255с.
4. Общая химическая технология: учебник для хим.-технол. спец. вузов. В 2-х ч./ под ред. И.П. Мухленова. – 5 изд., стер. -М.:Альянс, 2009.- Ч 2: Важнейшие химические производства.- 264с.

5. Власов, Е.А. Общая химическая технология: учеб. пособие / Е.А. Власов, А.Ю. Постнов, С.А. Лаврищева: под ред. Е.А. Власова; СПбГТИ(ТУ).-СПб., 2009.- 140 с.

б) дополнительная литература:

1. Бесков, В.С. Общая химическая технология : учеб. для вузов по хим.-технол. направлениям подгот. бакалавров и дипломир. специалистов.- М.: Академкнига, 2006. - 452 с.
2. Чоркендорф, И. Современный катализ и химическая кинетика/И.Чоркендорф, Х.Наймантсведрайт, пер. с англ. В.Н.Ролдугина.–Долгопрудный,«Интеллект», 2010.-501с.
3. Луцко, Ф.Н. Химико-технологические расчеты с применением *MathCAD*: учебное пособие/ Ф.Н. Луцко, В.Е. Сороко, А.Н. Прокопенко; СПбГТИ(ТУ).- СПб., 2006.– 456 с.

в) вспомогательная литература

1. Холоднов, В.А. Математическое моделирование и оптимизация химико-технологических процессов: практическое руководство/ В.А. Холоднов, В.П. Дьяконов, Е.Н. Иванова, Л.С. Кирьянова.-СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2003. – 480 с.
2. Бесков, В.С. Общая химическая технология : учеб. для вузов по хим.-технол. направлениям подгот. бакалавров и дипломир. Специалистов/В.М.Бесков- М. : Академкнига, 2005. - 452 с.
3. Кутепов, А.М. Общая химическая технология : учеб. для вузов по специальностям хим.-технол. профиля / А.М. Кутепов, Т.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен.- 3-е изд., перераб. - М.: Академкнига, 2003. - 528 с.
4. Крылов, О.В. Гетерогенный катализ [Текст] : Учебное пособие для вузов по специальности 011013 "Химическая кинетика и катализ" специальности 011000 "Химия" / О. В. Крылов. - М. : Академкнига, 2004. - 679 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 УКДВ. 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 УКДВ. 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 с использованием системы Moodle.
взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

10.2. Программное обеспечение.

Пакеты прикладных программ стандартного набора (Libre Office, MathCAD);

10.3. Информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-плюс»

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 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 «Гетерогенные процессы технологии неорганических веществ»**

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-16	способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	промежуточный
ПК-17	готовность проводить стандартные и сертификационные испытания материалов, изделий и технологических процессов	промежуточный
ПК-18	готовность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	промежуточный
ПК-19	готовность использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления	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 основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния; основные параметры, с помощью которых возможно регулирование скорости и характера их протекания.	Правильные ответы на вопросы № 1–11 к экзамену.	ОПК-3

	Умеет использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности; обосновать выбор способов и режима технологических воздействий для превращения исходных компонентов в целевой вид продукции;		
Освоение раздела № 2	Владеет методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента . Знает основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния; Умеет использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач, работать с программными средствами общего назначения; Владеет методами и способами определения параметров типовых гетерогенных процессов ТНВ и оценки их влияния на показатели качества целевой продукции	Правильные ответы на вопросы № 12-35, 55-66 к экзамену, правильные ответы на вопросы № 1-25 к зачёту	ПК-16 ПК-19
Освоение раздела № 3	Владеет методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента . Знает физико-химические и технологические особенности типовых гетерогенных процессов ТНВ: растворения, выпаривания, кристаллизации, разделения суспензий, сушки, гранулирования; Умеет анализировать влияние технологических параметров на свойства получаемых материалов; формулировать задания на разработку требований к организации и режимным показателям типовых технологических операций	Правильные ответы на вопросы № 12-35, 41-54 к экзамену, правильные ответы на вопросы № 1-25 к зачёту	ПК-16 ПК-18
Освоение раздела № 4	Владеет методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента . Знает физико-химические и технологические особенности типовых гетерогенных процессов ТНВ: растворения, выпаривания, кристаллизации, разделения суспензий, сушки, гранулирования; Умеет анализировать влияние технологических параметров на свойства получаемых материалов; формулировать задания на разработку требований к организации и режимным показателям типовых технологических операций	Правильные ответы на вопросы № 12-35, 41-54 к экзамену, правильные ответы на вопросы № 1-25 к зачёту	ПК-16 ПК-18
Освоение раздела № 5	Владеет методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента .	Правильные ответы на вопросы	ПК-16 ПК-18

	<p>Знает физико-химические и технологические особенности типовых гетерогенных процессов ТНВ: растворения, выпаривания, кристаллизации, разделения суспензий, сушки, гранулирования;</p> <p>Умеет анализировать влияние технологических параметров на свойства получаемых материалов; формулировать задания на разработку требований к организации и режимным показателям типовых технологических операций</p>	<p>№ 12-35, 41-54 к экзамену, правильные ответы на вопросы № 1-25 к зачёту</p>	
Освоение раздела № 6	<p>Знает физико-химические и технологические особенности типовых гетерогенных процессов ТНВ: растворения, выпаривания, кристаллизации, разделения суспензий, сушки, гранулирования;</p> <p>Умеет анализировать влияние технологических параметров на свойства получаемых материалов; формулировать задания на разработку требований к организации и режимным показателям типовых технологических операций</p> <p>Знает основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния;</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>Владеет методами и способами определения параметров типовых гетерогенных процессов ТНВ и оценки их влияния на показатели качества целевой продукции</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 12-35, 41-54 к экзамену, правильные ответы на вопросы № 1-25 к зачёту</p>	<p>ПК-16 ПК-18</p>
Освоение раздела № 7	<p>Умеет устанавливать взаимосвязь выявленных дефектов продукции с отклонениями технологического режима;</p> <p>Владеет методами определения оптимальных технологических режимов работы оборудования</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 36-40 к экзамену.</p>	<p>ПК-17</p>
Освоение раздела № 8	<p>Владеет методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента .</p> <p>Знает основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния;</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>Владеет методами и способами определения</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 12-35, 55-66 к экзамену, правильные ответы на вопросы № 1-25 к зачёту</p>	<p>ПК-16 ПК-19</p>

	параметров типовых гетерогенных процессов ТНВ и оценки их влияния на показатели качества целевой продукции		
--	--	--	--

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 для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-3:

1. Влияние температуры на смещение равновесия при проведении обратимой экзотермической реакции.
2. Влияние температуры на смещение равновесия при проведении обратимой эндотермической реакции.
3. Влияние давления на смещение равновесия при проведении обратимой реакции, идущей с увеличением числа молей.
4. Влияние давления на смещение равновесия при проведении обратимой реакции, идущей с уменьшением.
5. Влияние состава реакционной смеси при на смещение равновесия при проведении обратимой реакции.
6. Влияние температуры и давления на скорость необратимой реакции.
7. Влияние температуры на наблюдаемую скорость обратимой экзотермической реакции.
8. Влияние температуры на наблюдаемую скорость обратимой эндотермической реакции.
9. Влияние давления на наблюдаемую скорость обратимой реакции, идущей с увеличением числа молей.
10. Влияние давления на наблюдаемую скорость обратимой реакции, идущей с уменьшением числа молей.
11. Влияние давления на наблюдаемую скорость обратимой реакции, идущей без изменения числа молей.

б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-16:

12. Адсорбция. Промышленные адсорбенты и их характеристики.
13. Пористая структура адсорбентов. Предельный объём сорбционного пространства.
14. Теория адсорбции Ленгмюра. Изотерма Ленгмюра.
15. Теория адсорбции БЭТ.
16. Модель Ленгмюра-Хиншельвуда.
17. Модель Ридила-Эли.
18. Физическая и химическая абсорбция. Десорбция.
19. Плёночная модель абсорбции.
20. Модель обновляющейся поверхности.
21. Равновесие при абсорбции.
22. Кинетические закономерности при абсорбции.
23. Влияние взаиморасположения потока реагентов на скорость массопередачи при абсорбции.
24. Насадочная колонна. Методы интенсификации работы насадочной колонны.
25. Влияние линейной скорости потоков реагентов на скорость массопередачи при абсорбции.
26. Пенный аппарат. Основные конструкционные особенности.
27. Сравнительная характеристика насадочной колонны и пенного аппарата.
28. Модель «сжимающейся сферы».
29. Уравнение Ерофеева.
30. Области протекания процесса в системе «газ-твёрдое».

31. Лимитирующая стадия и её идентификация.
32. Кинетическая область процесса в системе «газ- твёрдое».
33. Внешнедиффузионная область процесса в системе «газ- твёрдое».
34. Внутридиффузионная область процесса в системе «газ-твёрдое»
35. Процессы в системе «газ-твёрдое», лимитируемые растворением газа в твёрдом веществе, диффузией растворённого газа в твёрдом веществе

в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-17:

36. Методы определения сорбционной емкости адсорбента
37. Методы определения удельной поверхности адсорбента
38. Методы определения прочности гранул.
39. Оптимизация работы реактора по технологическим критериям.
40. Оптимизация работы реактора по экономическим критериям

г) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-18:

41. Микро- и макрокинетические параметры управления скоростью гетерогенного процесса.
42. Принципы составления математической модели реактора.
43. Уравнение материального баланса химического реактора.
44. Реактор идеального вытеснения.
45. Проточный реактор полного смешения.
46. Реакторы с неидеальной структурой движения потока.
47. Реактор полного смешения периодического действия.
48. Решение задачи проектирования реактора идеального вытеснения.
49. Решение задачи проектирования проточного реактора полного смешения.
50. Решение задачи моделирования реактора идеального вытеснения.
51. Решение задачи моделирования проточного реактора полного смешения.
52. Каскад реакторов полного смешения.
53. Моделирование реактора с кипящим слоем катализатора.
54. Моделирование реактора для термообработки в кипящем слое.

д) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-19:

55. Тепловой баланс химического реактора.
56. Тепловые режимы работы реактора.
57. Температурные режимы работы реактора.
58. Изотермический температурный режим работы реактора.
59. Адиабатический температурный режим работы реактора.
60. Температурный режим работы реактора с частичной компенсацией теплового эффекта.
61. Оптимальная технологическая температура.
62. Температурный режим реактора с кипящим слоем катализатора.
63. Методы проведения процесса по линии оптимальных температур.
64. Многосекционный реактор с промежуточным теплообменом.
65. Многосекционный реактор с промежуточным вводом байпаса.
66. Тепловая устойчивость химического реактора.

3.2. Типовые контрольные вопросы к зачёту ПК-16, ПК-18, ПК-19:

1. Как провести процесс абсорбции малорастворимого газа при небольшой его концентрации в газовой фазе при необходимости использовать поглощенный компонент в процессе дальнейшей переработки?
2. Способы десорбции поглощенного газового компонента.
3. Факторы, способствующие увеличению скорости физического растворения.
4. Растворение с образованием новой твердой фазы. Возможные трудности и способы их преодоления.

5. Скорость кислотного разложения фосфата после энергичного начала падает и процесс прекращается, несмотря на достаточно высокую концентрацию кислоты в растворе. Чем это может быть обусловлено?
6. Каким образом может быть осуществлено выщелачивание целевого компонента из материала, содержащего в своем составе несколько растворимых компонентов?
7. Если при выпарке образуется вязкий концентрированный раствор или вязкая суспензия, какую схему многоступенчатой выпарной установки вы рекомендуете: прямоточную или противоточную? Почему?
8. Что нужно знать для выбора способа создания пересыщения для конкретного вещества?
9. Какими способами можно получить пересыщенный раствор для последующей кристаллизации продукта?
10. Что Вы можете предложить для увеличения размера кристаллов образуемой новой твердой фазы? От чего в основном зависит величина кристаллов?
11. Суспензия плохо и медленно отстаивается, осветленная жидкость отличается высокой мутностью. Что можно предпринять для улучшения процесса?
12. Произошел сбой в работе отделения фильтрации, скорость фильтрации упала, осадок имеет очень высокую влажность. Какие причины могли привести к сбою? Как это скажется на последующих стадиях и качестве продукта?
13. Как организовать разделение разбавленной суспензии, целевым продуктом в которой является твердая фаза?
14. Как организовать разделение разбавленной суспензии, целевым продуктом в которой является жидкая фаза?
15. Осадок трудно фильтруется, мелкокристаллический, содержит большое количество жидкой фазы. Как организовать его промывку, если целевой компонент содержится в жидкой фазе и его нужно сохранить для последующей переработки?
16. Как можно высушить раствор? Суспензию, не прибегая к её разделению?
17. В чем различия процессов сушки кристаллогидрата с получением в качестве продукта:
 - кристаллогидрата с фиксированным значением гидратной воды;
 - безводного продукта
18. Какие характеристики продукта следует знать, чтобы выбрать способ его гранулирования?
19. Каким образом может быть сгранулирован порошок, суспензия, раствор?
20. Продукт для гранулирования имеет температуру плавления 800° , не допускает увлажнения. Способ его грануляции?
21. Какими способами можно увеличить прочность гранул, полученных методом окатывания на движущейся поверхности, методом прессования?
22. Продукт, гранулированный методом окатывания, после сушки разрушается. Возможные причины и способы их устранения.
23. Продукт А имеет гигроскопическую точку 45%, продукт Б - 92%. Потребуется ли применять дополнительные меры по снижению слеживаемости для этих продуктов и какие?
24. Какие факторы влияют на гигроскопичность продукта? В чем разница между оценкой гигроскопичности по гигроскопической точке и коэффициенту гигроскопичности?
25. Продукт имеет высокую растворимость, существенный температурный коэффициент растворимости, имеет полиморфный переход при 30° . Что можно сказать о его слеживаемости?

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 три вопроса 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.

Рабочая программа дисциплины
НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КАТАЛИЗА И АДСОРБЦИИ

Направление подготовки
18.03.01 Химическая технология

Направленность программы бакалавриата
Химическая технология неорганических веществ

Профессиональный модуль
Химическая технология неорганических веществ

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчики		профессор Нараев В.Н. ст.н.с. Мальцева Н.В.

Рабочая программа дисциплины «Научные основы катализа и адсорбции» 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.....	09
4.3.1. Семинары, практические занятия	09
4.4. Самостоятельная работа.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	11
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	12
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Информационные справочные системы.....	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	13
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 освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-2	готовностью использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	<p>Знать: законы естественнонаучных дисциплин, методологию научного познания и научно-технического творчества, методы эмпирических и теоретических исследований в области адсорбции и катализа.</p> <p>Уметь: применять знания естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения профессиональных задач, руководить измерениями, составлять описания проводимых исследований. в области адсорбции и катализа.</p> <p>Владеть: методами математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования, теоретического и экспериментального исследования, навыками письменного аргументированного изложения собственной точки зрения в области адсорбции и катализа.</p>
ПК-19	готовностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления	<p>Знать: основные физические теории для решения возникающих физических задач в области адсорбции и катализа, самостоятельного приобретения физических знаний для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления</p> <p>Уметь: использовать знания основных физических теорий для решения</p>

		<p>возникающих физических задач в области адсорбции и катализа, самостоятельного приобретения физических знаний для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления.</p> <p>Владеть: знаниями основных физических теорий для решения возникающих физических задач применительно к адсорбции и катализу, самостоятельного приобретения физических знаний для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления.</p>
<p>ПК-20</p>	<p>готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования</p>	<p>Знать: классификацию химической науки и научных исследований; новейшие достижения химической технологии в области адсорбции и катализа</p> <p>Уметь: выявлять причинно-следственные связи событий, самостоятельно находить необходимую информацию, аргументировано защищать свою позицию применительно к адсорбции и катализу.</p> <p>Владеть: методами литературного, патентного поиска научно-технической информации в области адсорбции и катализа, для изучения отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования.</p>

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Научные основы катализа и адсорбции» относится к дисциплинам профессионального модуля по выбору (Б1.В.ДВ.03.01.03) и изучается на 3 курсе в 6 семестре и на 4 курсе в 7 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на компетенции, сформированные при изучении дисциплин на 1-3 курсах в 1-6 семестрах, а именно: «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Физика», «Общая химическая технология», «Гетерогенные процессы технологии неорганических веществ», «Технология малотоннажных продуктов».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Научные основы катализа и адсорбции» знания, умения и навыки используются при изучении следующих дисциплин данной образовательной программы: «Кинетика процессов технологии неорганических веществ», «Технологическое оборудование», во время прохождения технологической и преддипломной практики, при выполнении выпускной квалификационной работы.

3 Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	10 / 360
Контактная работа с преподавателем:	194
занятия лекционного типа	68
занятия семинарского типа, в т.ч.	16
семинары, практические занятия	16
лабораторные работы	84
курсовое проектирование (КР или КП)	КР
КСР	26
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	94
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе, др.)	ПО*, ЛС*
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамены (72), зачёт, КР

* ПО – письменный отчет о выполнении задания практического занятия; ЛС – лабораторный лист с результатами выполнения лабораторной работы.

4 Содержание дисциплины

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Физико-химические основы катализа и его значение	8	2	-	6	ОПК-2, ПК-20
2.	Сущность каталитического действия	8	2	-	6	ОПК-2, ПК-20
3	Роль физической адсорбции и хемосорбции в гетерогенно-каталитических процессах	12	2	8	12	ОПК-2, ПК-20
4	Кислотно-основной катализ	6	-	8	10	ПК-19
5	Металлокомплексный катализ	4	-	-	8	ПК-19
6	Гетерогенный катализ металлами и сплавами	8	2	8	10	ПК-19
7	Гетерогенный катализ оксидами и сульфидами металлов	6	4	8	10	ПК-19
8	Гетерогенные металлорганические катализаторы	2		-	6	ПК-19
9	Основные каталитические процессы в промышленности	4	4	16	10	ПК-20
10	Функциональные характеристики пористых тел – адсорбентов и катализаторов	4	-	32	8	ПК-20
11	Основы кинетики гетерогенных	6	-	6	8	ОПК-2

	каталитических реакций					ПК-20

4.2 Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. час	Инновационная форма
1	<p><u>Физико-химические основы катализа и его значение</u> Катализ, его роль в развитии промышленности. Каталитические процессы в природе и промышленности. Современное состояние теории катализа и ее основные задачи; проблемы научного предвидения каталитического действия.</p> <p>Показатели активности, селективности и стабильности катализаторов. Классификации катализаторов и каталитических процессов.</p> <p>Важнейшие промышленные катализаторы и каталитические процессы.</p>	8	Слайд-презентации
2.	<p><u>Сущность каталитического действия</u></p> <p>Факторы каталитического ускорения реакций. Катализ и равновесие. Понятие о каталитическом цикле. Механизмы каталитических реакций. Принципы активации в катализе. Стадийный и слитный механизмы катализа. Формы промежуточного взаимодействия реагентов с катализатором. Роль энергетического и структурного факторов.</p> <p>Гомогенный катализ в газовой и в жидкой фазах. Цепные реакции.</p> <p>Гетерогенный катализ, его основные стадии. Энергетический профиль гетерогенной каталитической реакции.</p> <p>Отравление катализаторов. Каталитические «яды» и механизмы «отравления».</p> <p>Теория активных центров в гетерогенном катализе. Основы мультиплетной теории катализа. Теория</p>	8	Слайд-презентации

	активных ансамблей Кобозева		
3	<p><u>Роль физической адсорбции и хемосорбции в гетерогенно-каталитических процессах</u></p> <p>Адсорбция (особенности физической и химической адсорбции). Адсорбент, адсорбат и адсорбтив. Современное состояние теории адсорбции. Динамический характер адсорбции. Процессы на поверхности адсорбента</p> <p>Современное состояние теории адсорбции. Изотермы адсорбции Генри и Ленгмюра. Уравнения мономолекулярной локализованной адсорбции. Полимoleкулярная адсорбция. Уравнение изотермы адсорбции Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ).</p> <p>Изотермы адсорбции в мезопористых твердых телах. Капиллярная конденсация. Форма экспериментальных изотерм адсорбции.</p> <p>Сорбционные свойства твердых тел и их каталитическая активность: в окислительно-восстановительных реакциях, в кислотно-основном катализе</p>	12	Слайд-презентации
4	<p><u>Кислотно-основной катализ.</u></p> <p>Общий и специфический катализ. Кинетика кислотно-основных каталитических реакций. Соотношение Бренстеда.</p> <p>Гомогенный и гетерогенный кислотный катализ. Бренстедовские и льюисовские кислотные центры... Корреляция каталитических свойств с кислотно-основными свойствами поверхности пор.</p> <p>Цеолиты в кислотном катализе. Молекулярно-ситовой катализ.</p>	6	Слайд-презентации
5	<p><u>Металлокомплексный катализ</u></p> <p>Роль гомогенного металлокомплексного катализа в современной промышленности.</p> <p>Основные типы комплексов металлов. Кластеры. Роль лигандов и растворителя в стабилизации структуры комплексов.</p> <p>Комплексообразование как основная стадия активации реагирующих молекул. Ключевые стадии перегруппировок металлоорганических соединений: Каталитический цикл как</p>	4	Слайд-презентации

	<p>последовательность ключевых стадий.</p> <p>Координационная способность металлов и каталитическая активность в окислительно-восстановительных и в кислотно-основных реакциях.</p>		
6	<p><u>Гетерогенный катализ металлами и сплавами.</u></p> <p>Состав, структура и активные центры катализаторов. Основные факторы, определяющие каталитическую активность металлов. Магнитные свойства, работа выхода электрона и каталитические свойства переходных металлов. Нанесенные металлические катализаторы. Взаимодействие металл-носитель. Зависимость каталитических свойств нанесенного металла от его дисперсности.</p> <p>Окислительно-восстановительный катализ на металлах. Электронная теория катализа. Теория валентных связей. Механизмы реакций. Структурно-чувствительные и структурно-нечувствительные реакции.</p> <p>Важнейшие промышленные процессы, катализируемые металлами и сплавами.</p> <p>Бифункциональный гетерогенный катализ. Биметаллические катализаторы риформинга. Металлические и металлподобные катализаторы. Металлзамещенные цеолиты в катализе.</p>	8	Слайд-презентации
7	<p><u>Гетерогенный катализ оксидами и сульфидами металлов</u></p> <p>Каталитические свойства оксидов и сульфидов металлов. Активация кислорода твердыми оксидами металлов. Классификация механизмов каталитического окисления. Стадийный и слитный механизмы. Связь селективности с энергией связи кислорода с поверхностью катализатора. Активация углеводородов в реакциях селективного окисления.</p> <p>Корреляция каталитических свойств гетерогенных оксидных катализаторов с их текстурными характеристиками</p>	6	Слайд-презентации
8	<p><u>Гетерогенные металлорганические катализаторы</u></p> <p>Катализаторы Циглера-Натта. Образование активных центров. Полимеризация олефинов на гетерогенных катализаторах. Механизм роста и обрыва полимерной цепи. Принципы стереорегулирования при полимеризации. Технология полимеризации. Суспензионная и</p>	2	Слайд-презентации

	газофазная полимеризация. Имобилизированные ферменты и металлокомплексы. Особенности текстуры гетерогенных металлоорганических катализаторов.		
9	<p><u>Основные каталитические процессы в промышленности</u></p> <p>Катализаторы и условия реализации процессов. Каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии: крекинг, риформинг, изомеризация, алкилирование и дегидрирование алканов.</p> <p>Каталитическая конверсия природного газа. Получение водорода. Синтез Фишера-Тропша. Синтез метанола и диметилового эфира. Синтез аммиака и азотной кислоты. Синтез серной кислоты. Синтез окиси этилена. Современные каталитические технологии в энергетике. Каталитические процессы для защиты окружающей среды.</p>	4	Слайд-презентации
10	<p><u>Функциональные характеристики пористых тел – адсорбентов и катализаторов</u></p> <p>Корпускулярные и губчатые пористые тела. Классификация пор по размерам и форме. Основные текстурные характеристики адсорбентов и катализаторов. Параметры пористой структуры: пористость, удельные площадь поверхности и суммарный объем пор, характерные размеры и распределение объема пор по размерам. Функциональные поверхностные свойства пористых тел, их роль в процессах адсорбции, катализа. Насыпная, кажущаяся и истинная плотности пористых тел. Геометрические параметры (форма и зернение), механическая прочность. Взаимосвязь текстурных характеристик и их роль в реализации процессов адсорбции и катализа. Методы определения основных параметров пористой структуры адсорбентов и катализаторов: объемов пор (суммарного, мезо- и макро-); применение метода БЭТ для расчетов удельной поверхности пористых тел.</p>	4	Слайд-презентации

11	<p><u>Основы кинетики гетерогенных каталитических реакций.</u> Определение активности и селективности катализатора. Элементарный акт (стадия) химического превращения. Лэнгмюровская кинетика каталитических реакций. Законы действующих масс и действующих поверхностей.в химической кинетике. Адсорбционный механизм (механизм Ленгмюра–Хиншелвуда). Ударный механизм реакции (Механизм Или-Ридила). Кинетика сложных каталитических реакций по Темкину. Маршруты реакции. Стехиометрические числа реакции. Лимитирующая стадия. Уравнение Темкина-Пыжева</p>	6	Слайд-презентации
----	--	---	-------------------

4.3 Занятия семинарского типа

4.3.1 Практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Форма отчетности
1	<p>Физико-химические основы катализа и его значение Расчет показателей активности и селективности катализаторов по экспериментальным данным, представленным в задании</p>	2	Письменный отчет
2	<p>Сущность каталитического действия Сравнительная оценка производительности катализаторов в оксидной и металлической форме по экспериментальным данным их испытаний в процессе окисления СО, представленным в задании</p>	2	Письменный отчет
3	<p>Роль физической адсорбции и хемосорбции в гетерогенно-каталитическом процессе Обоснованный выбор на основании представленных адсорбционно-структурных характеристик оксидного носителя для низкотемпературного катализатора очистки воздуха от микропримесей в присутствии паров воды</p>	2	Письменный отчет
6	<p>Гетерогенный катализ металлами и сплавами Расчет доли поверхности пористых оксидных носителей, занимаемой платиной в атомарном и кластерном состоянии.</p>	2	Письменный отчет

7	<p>Гетерогенный катализ оксидами и сульфидами металлов.</p> <p>Построение температурных кривых окисления CO оксидными катализаторами переменного состава и выбор оптимального содержания активного компонента.</p>	4	Письменный отчет
9	<p>Основные каталитические процессы в промышленности</p> <p>Сопоставительный расчет газодинамического сопротивления и производительности бифункционального Pd-содержащего каталитического нейтрализатора выхлопных газов автотранспорта в блочном и гранулированном исполнении.</p>	4	Письменный отчет

4.3.2. Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание лабораторной работы	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	<p>Роль физической адсорбции и хемосорбции в гетерогенно-каталитическом процессе</p> <p>-Определение адсорбционной активности высокодисперсных пористых тел в статических и динамических условиях</p>	8	Лабораторный лист Групповая дискуссия*
4	<p>Кислотно-основной катализ</p> <p>-Каталитическое алкилирование изобутана изобутиеном. Испытания гетерогенных кислотных катализаторов</p>	8	Лабораторный лист Групповая дискуссия*
6	<p>Гетерогенный катализ металлами</p> <p>-Каталитическое окисление монооксида углерода, водорода. Испытания нанесенных металлических катализаторов.</p>	8	Лабораторный лист Групповая дискуссия*
7	<p>Гетерогенный катализ оксидами и сульфидами металлов</p> <p>-Каталитическое окисление диоксида серы. Испытания V₂O₅- катализаторов</p>	8	Лабораторный лист Групповая дискуссия*
9	<p>Основные каталитические процессы в промышленности</p> <p>-Каталитическое окисление аммиака. Испытания Fe₂O₃-катализаторов.</p> <p>-Каталитическое алкилирование изобутана изобутиеном. Испытания гетерогенных кислотных</p>	8 8	Лабораторные листы Групповая дискуссия*

	катализаторов		
10	<p>Функциональные характеристики пористых тел - адсорбентов и катализаторов</p> <p>-Определение значений насыпной, кажущейся и истинной плотностей пористых тел. Их взаимосвязь и роль в реализации процессов адсорбции и катализа</p> <p>-Основные характеристики пористой структуры адсорбентов и катализаторов. Экспресс-методы определения объемов пор: суммарного, мезо- и макропор.</p> <p>- Площадь удельной поверхности дисперсных материалов. Методы определения</p> <p>- Изотермы сорбции азота как инструмент исследования текстурных параметров пористых тел.</p> <p>- Прочностные свойства сорбентов, носителей, катализаторов. Методы определения</p> <p>- Функциональные поверхностные свойства пористых тел, их роль в процессах адсорбции, катализа. Методы оценки.</p>	4 4 4 4 8 4 4	Лабораторные листы Групповая дискуссия*
11	<p>Основы кинетики гетерогенных каталитических реакций</p> <p>- Оценка влияния зернения и параметров слоя адсорбента, катализатора на их газодинамические и сорбционные и кинетические характеристики</p>	6	Лабораторный лист Групповая дискуссия*

*Групповая дискуссия – обсуждение полученных результатов

4.3.3 Самостоятельная работа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Форма отчетности
1	<p>Физико-химические основы катализа и его значение</p> <p>-Основные задачи теории катализа</p> <p>-Проблемы научного предвидения каталитического действия</p>	4 4	Устный или письменный опрос
2	<p>Сущность каталитического действия</p> <p>-Причины каталитического ускорения реакций</p>	6	Устный или письменный опрос
3	<p>Роль физической адсорбции и хемосорбции в гетерогенно-каталитическом процессе</p> <p>-Сорбционные свойства твердых тел и каталитическая активность в окислительно-восстановительных реакциях</p> <p>- Сорбционные свойства твердых тел и активность в кислотно-основном катализе</p>	4 4	Устный или письменный опрос
4	<p>Кислотно-основной катализ</p> <p>-Корреляция каталитических свойств с кислотно-основными свойствами поверхности пористых тел</p>	3	Устный или письменный опрос

	-Гетерогенизированные кислотные катализаторы -Цеолиты в кислотном катализе	3 4	
5	Металлокомплексный катализ -Координационная способность металлов и каталитическая активность в кислотно-основных реакциях -Координационная способность металлов и каталитическая активность в окислительно-восстановительных реакциях	4 4	Устный или письменный опрос
6	Гетерогенный катализ металлами и сплавными -Металлические и металлородные катализаторы -Металлзамещенные цеолиты	6 4	Устный или письменный опрос
7	Гетерогенный катализ оксидами и сульфидами металлов -Корреляция каталитических свойств гетерогенных оксидных катализаторов с их текстурными характеристиками -Связь между активностью и селективностью гетерогенных сульфидных катализаторов	6 4	Устный или письменный опрос
8	Гетерогенные металлоорганические катализаторы -Особенности текстуры гетерогенных металлоорганических катализаторов	6	Устный или письменный опрос
9	Основные каталитические процессы в промышленности -Каталитическое дегидрирование углеводородов -Каталитический крекинг углеводородов -Каталитическая денитрификация отходящих газов теплоэнергетических производств	4 4 2	Устный или письменный опрос
10	Функциональные характеристики пористых тел- адсорбентов и катализаторов -Основные технические характеристики катализаторов и носителей, их взаимосвязь и методы определения	8	Устный или письменный опрос
11	Основы кинетики гетерогенных каталитических реакций -Лэнгмюровская кинетика каталитических реакций. Закон действующих масс в химической	8	Устный или письменный опрос

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

Цель самостоятельной работы – закрепление, углубление и приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе, умения целенаправленно творчески работать с учебной, научной специальной и технической литературой.

В самостоятельную работу обучающихся включаются:

- подготовка к текущему и промежуточному контролю, сдаче экзамена;
- дополнительная проработка разделов дисциплины;
- участие в научных конференциях и научных семинарах кафедры и Института;
- подготовка докладов на конференции и конкурсы;
- работа с учебной и научной литературой;
- знакомство с научными статьями в отечественных и зарубежных журналах, электронных изданиях;
- освоение соответствующих компьютерных программ;
- обработка экспериментальных результатов лабораторных работ и оформление лабораторных листов;
- поиск информации в базах данных.

Самостоятельная работа проводится в:

- читальных залах фундаментальной библиотеки СПбГТИ(ТУ).
- кабинетах для самостоятельной работы, на рабочем месте с доступом к ресурсам сети Интернет.

Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе учебного процесса. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением.

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 (4 семестр), защиты курсовой работы и зачета (5 семестр).

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 вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и, вопрос, направленный на проверку умений и навыков.

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

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

- 1 Классификации катализаторов и каталитических процессов.
- 2 Основные факторы, определяющие каталитическую активность металлов.

Пример вариант вопросов на зачете:

Вариант № 1

- 1.Каталитическая конверсия природного газа
- 2.Определение удельной поверхности пористых тел.

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

а) основная литература:

1 Сибаров, Д.А. Катализ, каталитические процессы и реакторы: учебное пособие / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова.— СПб.: Издательство «Лань», 2016. — 200 с.

2 Романовский Б.В. Основы катализа. Учебник для высшей школы. – Москва: Издательство БИНОМ, 2014. – 172 с.

3 Куликов, М.А. Катализ и каталитические процессы: учебное пособие / М.А. Куликов; Березниковский филиал Перм. Нац. Исслед. Политехн. Ун-та. – Пермь: Издательство ПНИПУ, 2013. – 246 с.

4 Протопопов А.В., Комарова Н.Г. Химическая кинетика. Катализ / Методическое пособие к лабораторному практикуму по физической химии. – Барнаул, Изд-во АлтГТУ, 2011. – 76 с.

5 Самуилов Я.Д., Самуилов А.Я. Катализ в процессах (со)полимеризации и (со)поликонденсации / Казань: КГТУ, 2011. – 248 с.

6 Адсорбция, адсорбенты и адсорбционные процессы в нанопористых материалах : монография / Под.ред. А.Ю. Цивадзе; Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН. – М. : Изд. Группа «Граница», 2011. – 496 с. : ил.

7 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:

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

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

10 Колесников И.М. Катализ и производство катализаторов М.:»Техника», 2004. – 400 с.

11 Байрамов В.М. Химическая кинетика и катализ. Примеры и задачи с решениями. М.: Academa, 2003.

12 Фенелонов, В.Б. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов / В.Б. Фенелонов. – Новосибирск: Изд СО РАН, 2002 и 2004 (расширенное издание).

13 Замараев, К.И. Курс химической кинетики. / К.И. Замараев. –Новосибирск: Изд. НГУ, 2004. – 311 с.

14 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.

15 Гончарук, В.В., Катализ: механизмы гомогенного и гетерогенного катализа, кластерные подходы / Г.Л. Камалов [и др.].–Киев: Наукова думка, 2002. – 543 с.

16 Карнаухов, А.П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов / А.П. Карнаухов – Новосибирск: Наука, 1999.

в) вспомогательная литература:

17 Мастерс, К. Гомогенный катализ переходными металлами. М.: Мир, 1983.
10.Хенрици-Оливэ Г., Оливэ С. Координация и катализ. М.: Мир, 1980.

18 Кожевников, И.В. Катализ кислотами и основаниями. Н.: Изд-во НГУ, 1991.

19 Боресков, Г.К. Гетерогенный катализ. М.: Наука, 1986. – 304 с.

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

21 Панченков, Г.М., Лебедев В.П. Химическая кинетика и катализ / Учебное пособие для вузов. – 3-е изд. Испр. И доп. – М., Химия, 1985. — 592 с., ил.

22 Сеттерфилд, Ч. Практический курс гетерогенного катализа: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 520 с., ил.

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/>.

Полнотекстовые коллекции (базе 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.

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

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 «Научные основы катализа и адсорбции»**

1 Перечень компетенций и этапов их формирования

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ОПК-2	Обладание готовностью использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	промежуточный
ПК-19	Обладание готовностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления	промежуточный
ПК-20	Обладание готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	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 разделов № 1, №2 и №3	Знает законы естественнонаучных дисциплин, методологию научного познания и научно-технического творчества, методы эмпирических и теоретических исследований в области адсорбции и катализа. Умеет применять знания естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения профессиональных задач, руководить измерениями, составлять описания проводимых исследований в области адсорбции и катализа. Владет методами математического моделирования процессов и объектов на базе	Правильные ответы на вопросы № 1–37 к экзамену. Правильные ответы на вопросы №1-10 к зачёту. Выполнение курсовой работы	ОПК-2

	стандартных пакетов автоматизированного проектирования, теоретического и экспериментального исследования, навыками письменного аргументированного изложения собственной точки зрения, в т.ч. в области адсорбции и катализа		
	<p>Знает классификацию химической науки и научных исследований; новейшие достижения химической технологии в области адсорбции и катализа</p> <p>Умеет выявлять причинно-следственные связи событий, самостоятельно находить необходимую информацию, аргументировано защищать свою позицию применительно к адсорбции и катализу.</p> <p>Владеет методами литературного, патентного поиска научно-технической информации в области адсорбции и катализа для изучения отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования.</p>	Правильные ответы на вопросы № 64-97 к экзамену. Правильные ответы на вопросы №1-10 к зачёту. Выполнение курсовой работы	ПК-20
Освоение разделов № 4, 6, 7, 8.	<p>Знает основные физические теории для решения возникающих физических задач в области адсорбции и катализа, самостоятельного приобретения физических знаний для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления</p> <p>Умеет использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач в области адсорбции и катализа, самостоятельного приобретения физических знаний для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления.</p> <p>Владеет знаниями основных физических теорий для решения возникающих физических задач применительно к адсорбции и катализу, самостоятельного приобретения физических знаний для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления.</p>	Правильные ответы на вопросы № 38–63 к экзамену. Правильные ответы на вопросы №1-10 к зачёту. Выполнение курсовой работы	ПК-19
Освоение разделов № 9, №10	<p>Знает классификацию химической науки и научных исследований; новейшие достижения химической технологии в области адсорбции и катализа.</p> <p>Умеет выявлять причинно-следственные связи событий, самостоятельно находить необходимую информацию, аргументировано защищать свою позицию применительно к</p>	Правильные ответы на вопросы № 64-97 к экзамену. Правильные ответы на вопросы №1-10	ПК-20

	адсорбции и катализу. Владеет методами литературного, патентного поиска научно-технической информации в области адсорбции и катализа для изучения отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования.	к зачёту. Выполнение курсовой работы	
Освоение раздела № 11	Знает законы естественнонаучных дисциплин, методологию научного познания и научно-технического творчества, методы эмпирических и теоретических исследований в области адсорбции и катализа. Умеет применять знания естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения профессиональных задач, руководить измерениями, составлять описания проводимых исследований в области адсорбции и катализа. Владеет методами математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования, теоретического и экспериментального исследования, навыками письменного аргументированного изложения собственной точки зрения, в т.ч. в области адсорбции и катализа	Правильные ответы на вопросы № 1-37 к экзамену. Правильные ответы на вопросы №1-10 к зачёту. Выполнение курсовой работы	ОПК-2
	Знает классификацию химической науки и научных исследований; новейшие достижения химической технологии в области адсорбции и катализа Умеет выявлять причинно-следственные связи событий, самостоятельно находить необходимую информацию, аргументировано защищать свою позицию применительно к адсорбции и катализу. Владеет методами литературного, патентного поиска научно-технической информации в области адсорбции и катализа для изучения отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования.	Правильные ответы на вопросы № 64–97 к экзамену. Правильные ответы на вопросы №1-10 к зачёту. Выполнение курсовой работы	ПК-20

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):
по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена, результат оценивания –балльная система, защиты курсовой работы, 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 для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-2:

- 1 Исторические аспекты развития катализа.
- 2 Современное определение катализа.

- 3 Роль катализа в становлении и развитии современной промышленности.
- 4 Катализ и живая природа.
- 5 Факторы каталитического ускорения реакций.
- 6 Катализ и равновесие.
- 7 Понятие об активном компоненте катализатора, активном центре, окружении активного центра и носителя.
- 8 Каталитическая активность и способы ее выражения.
- 9 Понятие об активном центре катализатора.
- 10 Классификация катализаторов. Важнейшие промышленные катализаторы.
- 11 Классификация каталитических процессов. Важнейшие каталитические процессы в промышленности
- 12 Общая схема механизма каталитических реакций. Каталитический цикл
- 13 Принципы активации в катализе. Эффекты компенсации. Стадийный и слитный механизмы катализа.
- 14 Формы промежуточного взаимодействия реагентов с катализатором. Роль энергетического и структурного факторов.
- 15 Гомогенный катализ в газовой фазе. Катализаторы в цепных процессах
- 16 Гомогенный катализ в жидкой фазе. Особенности протекания химических реакций в растворах.
- 17 Основные стадии гетерогенного каталитического процесса. Энергетический профиль гетерогенно-каталитической реакции.
- 18 Катализ, его особенности и роль в развитии промышленности.
- 19 Каталитические процессы в природе и промышленности.
- 20 Современное состояние теории катализа и задачи каталитической химии.
- 21 Основы мультиплетной теории катализа.
- 22 Теория активных ансамблей Кобозева. Расчет каталитической активности ансамблей.
- 23 Роль поверхности, пористой структуры и адсорбционных явлений в каталитической химии.
- 24 Роль физической адсорбции и хемосорбции в гетерогенно-каталитическом процессе. Зависимость энергии хемосорбции от степени заполнения поверхности.
- 25 Связь селективности с энергией связи кислорода с поверхностью катализатора.
- 26 Адсорбция (особенности физической и химической адсорбции). Адсорбент, адсорбат и адсорбтив. Основные отличия физической и химической адсорбции.
- 27 Силы межмолекулярного взаимодействия при физической адсорбции. Прямые измерения поверхностных сил.
- 28 Динамический характер адсорбции.
- 29 Процессы на поверхности адсорбента. Среднее время «жизни» молекулы в адсорбированном состоянии.
- 30 Изотерма адсорбции Генри.
- 31 Изотерма адсорбции Ленгмюра.
- 32 Уравнения мономолекулярной локализованной адсорбции (уравнение изотермы Фаулера – Гугенгейма, уравнение А.В.Киселева).
- 33 Полимолекулярная адсорбция. Уравнение Френкеля – Хелси – Холла.
- 34 Полимолекулярная адсорбция. Уравнение изотермы адсорбции Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ).
- 35 Изотермы адсорбции в мезопористых твердых телах. Капиллярная конденсация. Форма экспериментальных изотерм адсорбции.
- 36 Современное состояние теории адсорбции. Моделирование адсорбции на неоднородной поверхности. Адсорбционный численный и физический эксперименты.
- 37 Электронный механизм хемосорбции на полупроводниках.

б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-19:

- 38 Кислотно-основной гомогенный катализ. Общий и специфический катализ.
- 39 Кинетика кислотно-основных каталитических реакций. Соотношение Бренстеда.
- 40 Кислотный катализ. Кислоты и основания по Бренстеду и Льюису. Функция кислотности Гаммета.
- 41 Гетерогенные катализаторы кислотно-основного типа. Корреляция между кислотностью и активностью гетерогенных катализаторов.
- 42 Гетерогенный кислотный катализ. Бренстедовские и льюисовские кислотные центры. Молекулярно-ситовой катализ.
- 43 Гомогенный катализ металлокомплексами. Общие сведения.
- 44 Металлокомплексный катализ и его место в современной промышленности.
- 45 Основные типы комплексов металлов. Роль лигандов и растворителя.
- 46 Комплексообразование как основная стадия активации реагирующих молекул. Типы комплексов металлов с различными органическими молекулами.
- 47 Ключевые стадии перегруппировок металлоорганических соединений: внедрение, окислительное присоединение, восстановительное элиминирование, реакции сдвига.
- 48 Окисление органических веществ на металлокомплексных катализаторах.
- 49 Гетерогенный катализ. Общие сведения. Энергетический профиль гетерогенной каталитической реакции.
- 50 Важнейшие промышленные процессы, катализируемые металлами и сплавами. Механизмы реакций.
- 51 Особенности катализа дисперсными металлами. Нанесенные металлические катализаторы. Взаимодействие металл-носитель.
- 52 Связь каталитической активности и дисперсности. Структурно-чувствительные и структурно-нечувствительные реакции.
- 53 Типы гетерогенных катализаторов: Катализ металлами, оксидами и сульфидами переходных металлов.
- 54 Гетерогенный катализ металлами. Основные факторы, определяющие активность металлов.
- 55 Окислительно-восстановительный катализ. Катализ на металлах и полупроводниках. Общие факторы, определяющие активность металлического катализатора. Активность и дисперсность металлов.
- 56 Электронные представления в гетерогенном катализе. Электронная теория и каталитические свойства переходных металлов.
- 57 Теория валентных связей. Магнитные и каталитические свойства переходных металлов.
- 58 Работа выхода электрона и каталитические свойства переходных металлов и полупроводников.
- 59 Гетерогенный катализ оксидами металлов. Активация кислорода твердыми оксидами металлов. Полное и парциальное окисление.
- 60 Классификация механизмов каталитического окисления. Примеры стадийного и слитного механизмов.
- 61 Гетерогенные катализаторы полного и селективного окисления. Примеры реакций.
- 62 Катализаторы Циглера-Натта. Образование активных центров, механизм роста и обрыва полимерной цепи, стереорегулирование.
- 63 Стереорегулирование в каталитических процессах.
- в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-20:**
- 64 Гидрирование. Природа стадий активации водорода и гидрируемого субстрата.
- 65 Полимеризация олефинов, основные интермедиаты.
- 66 Механизм формирования и природа активных комплексов на примере реакций изомеризации, карбонилирования, и окисления.
- 67 Механизм каталитической реакции метатезиса олефинов.

- 68 Бифункциональный гетерогенный катализ. Катализаторы риформинга.
- 69 Окислительный аммонолиз пропилена. Механизм Грасселли.
- 70 Окисление сернистого газа.
- 71 Оксидные катализаторы в синтезе метанола. Окисление метанола в формальдегид и муравьиную кислоту.
- 72 Окисление бензола в фенол закисью азота.
- 73 Основные каталитические процессы органического синтеза.
- 74 Катализ сульфидами. Принцип действия катализаторов гидрообессеривания.
- 75 Важнейшие каталитические процессы в промышленности. Катализаторы и условия реализации процессов.
- 76 Каталитическая конверсия природного газа. Синтез водорода.
- 77 Синтез аммиака и азотной кислоты.
- 78 Каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии: крекинг, риформинг, изомеризация, алкилирование и дегидрирование алканов.
- 79 Современные каталитические технологии в энергетике. Каталитическое сжигание топлива.
- 80 Каталитические процессы защиты окружающей среды. Устройство и функционирование автомобильных каталитических конвертеров.
- 81 Состав промышленных катализаторов. Модифицированные катализаторы. Смешанные катализаторы. Катализаторы на носителях.
- 82 Отравление катализаторов. Каталитические «яды» и механизм «отравления».
- 83 Способы количественной оценки «отравляемости» катализаторов. Коэффициент отравления (коэффициент токсичности «яда»).
- 84 Применение катализа в химической и нефтеперерабатывающей промышленности.
- 85 Применение метода БЭТ для расчетов удельной поверхности катализаторов и адсорбентов.
- 86 Определение супрамолекулярной структуры (текстуры) пористых и дисперсных материалов.
- 87 Пористая структура твердых тел. Корпускулярные и губчатые пористые тела. Форма частиц и пор в пористых твердых телах. Терминология и классификация пор по размерам.
- 88 Параметры пористой структуры адсорбентов и катализаторов. Методы исследования пористых структур (ртутно-вакуумная порометрия).
- 89 Состав катализаторов. Роль носителя. Примеры носителей и требования к ним.
- 90 Использование пористых углеродных материалов в качестве носителей для катализаторов.
- 91 Силикагель, оксид алюминия, цеолиты – адсорбенты и носителя для катализаторов.
- 92 Кинетика каталитических реакций. Определение активности и селективности катализатора. Элементарный акт (стадия) химического превращения.
- 93 Ленгмюровская кинетика каталитических реакций. Закон действующих масс в химической кинетике. Закон действующих поверхностей.
- 94 Кинетика и механизм Ленгмюра-Хиншелвуда и Или-Ридила. Адсорбционный механизм (механизм Ленгмюра–Хиншелвуда).
- 95 Ударный механизм каталитической реакции (механизм Или-Ридила).
- 96 Кинетика сложных каталитических реакций по Темкину. Маршруты реакции. Стехиометрические числа реакции. Лимитирующая стадия. Уравнение Темкина-Пыжева.
- 97 Теория активных центров в гетерогенном катализе. Теория активных центров Тэйлора. Роль дефектов кристаллов в катализе.

3.2 Типовые контрольные вопросы к зачёту (ОПК-2, ПК-19, ПК-20):

1. Определение значений насыпной плотности пористых твёрдых тел

2. Определение кажущейся плотности пористых твёрдых тел.
3. Определение истинной плотности пористых твёрдых тел
4. Роль пористости в реализации процессов адсорбции и катализа
5. Экспресс-методы определения объемов пор: суммарного, мезо- и макропор.
6. Определение площади удельной поверхности дисперсных материалов.
7. Изотермы сорбции азота как инструмент исследования текстурных параметров пористых тел.
8. Прочностные свойства сорбентов, носителей, катализаторов. Методы определения
9. Функциональные поверхностные свойства пористых тел, их роль в процессах адсорбции, катализа. Методы оценки.
10. Основные технические характеристики катализаторов и носителей, их взаимосвязь и методы определения.

3.3. Примерные темы курсовых работ (ОПК-2, ПК-19, ПК-20):

1. Определение кинетических параметров процесса окисления аммиака
2. Определение кинетических параметров процесса окисления СО
3. Определение кинетических параметров процесса окисления водорода
4. Определение кинетических параметров процесса паровой конверсии гептана
5. Определение кинетических параметров процесса паровой конверсии природного газа

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.

Рабочая программа дисциплины
КИНЕТИКА ПРОЦЕССОВ ТЕХНОЛОГИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Направление подготовки
18.03.01 Химическая технология

Направленность программы бакалавриата
Химическая технология неорганических веществ

Профессиональный модуль
Химическая технология неорганических веществ

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Научные основы катализа и адсорбции» 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.....	09
4.3.1. Семинары, практические занятия	09
4.4. Самостоятельная работа.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	11
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	12
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Информационные справочные системы.....	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	13
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 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.03.01.04 и изучается на IV курсе в 7 семестре

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
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	10/ 360
Контактная работа с преподавателем:	180
занятия лекционного типа	72
занятия семинарского типа, в т.ч.	90
семинары, практические занятия	18
лабораторные работы	72
курсовое проектирование (КР или КП)	КР
КСР	18
другие виды контактной работы	–
Самостоятельная работа	144
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен (36), зачёт, КР

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	4	4		16	ОПК-3
2.	Стехиометрия и кинетика, маршруты реакций	4	2		26	ОПК-3 ПК-2
3	Кинетика каталитических реакций на однородной и неоднородной поверхности	28	6	32	52	ОПК-3 ПК-18
4.	Диффузионная кинетика каталитических реакций	16	2	8	20	ОПК-3 ПК-18
5.	Кинетика некаталитических	20	4	32	30	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	<p>Основные понятия формальной химической кинетики. Классификация кинетических процессов в технологии неорганических веществ. Основные понятия формальной химической кинетики.</p> <p>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.</p> <p><i>Сложные реакции.</i> Типичные кинетические кривые для последовательных и параллельных реакций. Сопряженные реакции. Квазистационарные реакции. Условия квазистационарности. Теория стационарных реакций.</p>	4	Компьютерная презентация
2	<p>Стехиометрия и кинетика. Стехиометрическое число и стехиометрические матрицы. Маршрут, скорости по маршруту. Число независимых маршрутов реакции. Уравнения стационарности Темкина. Лимитирующая стадия.</p>	4	Компьютерная презентация
3	<p>Кинетика каталитических реакций</p> <p>Кинетика гомогенных каталитических реакций. Кинетика общего и специфического кислотно-основного катализа.</p> <p>Области протекания гетерогенно-каталитических реакций. Закон действующих поверхностей и его ограничения. Физическая и химическая адсорбция молекул. Ассоциативная (молекулярная) адсорбция.</p> <p>Вывод уравнения Ленгмюра. Диссоциативная адсорбция. Конкурентная адсорбция Адсорбционная кинетика Ленгмюра – Хиншельвуда для простых и сложных каталитических реакций на идеальной поверхности. Механизм Или –Ридела.</p> <p>Кинетика на неоднородной поверхности. Энергетическая неоднородность поверхности и взаимное влияние адсорбированных частиц. Изотермы адсорбции на неоднородной поверхности. Логарифмическая изотерма Темкина. Подходы к выводу кинетических уравнений катализа на неоднородной поверхности.</p> <p>Учет взаимодействия реакционной среды с катализатором. Кинетика реакций на катализаторах с изменяющейся активностью. Кинетика в условиях отравления поверхности катализаторов.</p>	28	Компьютерная презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>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</p>		
4	<p>Диффузионная кинетика каталитических реакций. 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. Оптимальная пористая структура катализатора. Кинетика гетерогенно – каталитических процессов во внешнедиффузионной области. Критерии подобия. Критерий Рейнольдса. Влияние основных технологических параметров на область протекания процесса. Кинетика важнейших промышленных процессов, протекающих во внешнедиффузионной области.</p>	16	Компьютерная презентация
5	<p>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. Кинетика топочимических 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.</p>	20	Компьютерная презентация

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Решение задач по формальной кинетике	4	Компьютерная симуляция
2	Освоение методов линейной алгебры при построении стехиометрических матриц химических реакций.	2	Компьютерная симуляция
3	Решение задач по кинетике каталитических реакций	6	Компьютерная симуляция
4	Расчет основных параметров диффузионной кинетики	2	Компьютерная симуляция
5	Решение задач по кинетике топохимических реакций	4	Компьютерная симуляция

4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	Исследование кинетики реакции окисления СО	8	
3	Исследование кинетики реакции окисления диоксида серы	8	
3	Исследование кинетики реакции паровой конверсии метана	8	
3	Исследование кинетики реакции дегидрирования этилбензола	8	
4	Исследование кинетики каталитической реакции на катализаторах с различной пористой структурой	8	Групповая дискуссия
5	Исследование кинетики процесса разложения гидроксидов	8	
5	Исследование кинетики процесса разложения карбонатов	2	
5	Исследование кинетики процесса окисления	4	
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	Решение дифференциальных уравнений для кинетики необратимых реакций первого, второго и n-го порядков	16	Проверка решения
2	Составление стехиометрических матриц	10	Проверка

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	типовых химических реакций		решения
2	Анализ стехиометрических матриц для модельных реакций. Подготовка отчёта	16	Защита отчёта
3	Оформление отчётов по лабораторным работам, подготовка к защите лабораторных работ	16	Защита лабораторных работ
3	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	26	Письменный опрос
4	Теории подобия. Учет влияния переноса тепла в диффузионной кинетике	20	Письменный опрос
5	Оформление отчётов по лабораторным работам, подготовка к защите лабораторных работ	16	Защита лабораторных работ
5	Механизмы гетерогенного взаимодействия. Современные методы изучения кинетики и механизма топохимических реакций	14	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

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, защиты курсовой работы и зачета (7 семестр).

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 Сибаров, Д.А. Катализ, каталитические процессы и реакторы: учебное пособие / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова.— СПб.: Издательство «Лань», 2016. — 200 с.

2 Романовский Б.В. Основы катализа. Учебник для высшей школы. – Москва: Издательство БИНОМ, 2014. – 172 с.

3 Куликов, М.А. Катализ и каталитические процессы: учебное пособие / М.А. Куликов; Березниковский филиал Перм. Нац. Исслед. Политехн. Ун-та. – Пермь: Издательство ПНИПУ, 2013. – 246 с.

4 Протопопов А.В., Комарова Н.Г. Химическая кинетика. Катализ / Методическое пособие к лабораторному практикуму по физической химии. – Барнаул, Изд-во АлтГТУ, 2011. – 76 с.

5 Самуилов Я.Д., Самуилов А.Я. Катализ в процессах (со)полимеризации и (со)поликонденсации / Казань: КГТУ, 2011. – 248 с.

6 Адсорбция, адсорбенты и адсорбционные процессы в нанопористых материалах : монография / Под.ред. А.Ю. Цивадзе; Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН. – М. : Изд. Группа «Граница», 2011. – 496 с. : ил.

7 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:

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

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

10 Колесников И.М. Катализ и производство катализаторов М.:»Техника», 2004. – 400 с.

- 11 Байрамов В.М. Химическая кинетика и катализ. Примеры и задачи с решениями. М.: Academia, 2003.
- 12 Фенелонов, В.Б. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов / В.Б. Фенелонов. – Новосибирск: Изд СО РАН, 2002 и 2004 (расширенное издание).
- 13 Замараев, К.И. Курс химической кинетики. / К.И. Замараев. –Новосибирск: Изд. НГУ, 2004. – 311 с.
- 14 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.
- 15 Гончарук, В.В., Катализ: механизмы гомогенного и гетерогенного катализа, кластерные подходы / Г.Л. Камалов [и др.].–Киев: Наукова думка, 2002. – 543 с.
- 16 Карнаухов, А.П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов / А.П. Карнаухов – Новосибирск: Наука, 1999.

в) вспомогательная литература:

- 17 Мастерс, К. Гомогенный катализ переходными металлами. М.: Мир, 1983.
- 10.Хенрици-Оливэ Г., Оливэ С. Координация и катализ. М.: Мир, 1980.
- 18 Кожевников, И.В. Катализ кислотами и основаниями. Н.: Изд-во НГУ, 1991.
- 19 Боресков, Г.К. Гетерогенный катализ. М.: Наука, 1986. – 304 с.
- 20 Лич, Б. Катализ в промышленности. Т.1-2. Пер. с англ. / Под ред. Б. Лича. – М.: Мир, 1986. – 324 с.
- 21 Панченков, Г.М., Лебедев В.П. Химическая кинетика и катализ / Учебное пособие для вузов. – 3-е изд. Испр. И доп. – М., Химия, 1985. — 592 с., ил.
- 22 Сеттерфилд, Ч. Практический курс гетерогенного катализа: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 520 с., ил.

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/>.

Полнотекстовые коллекции (базе 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 УКДВ. 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.

СТО СПбГТИ (ТУ) 044 – 2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой

проект. Курсовая работа. Общие требования.

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.

**Приложение № 1
к рабочей программе дисциплины**

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. Выполнение курсовой работы	ОПК-3
Освоение раздела № 2	Знает основные модели кинетических уравнений на однородной и неоднородной поверхности; роль диффузионных процессов в каталитических и некаталитических топахимических реакциях Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для	Правильные ответы на вопросы № 1-11,12-26 к экзамену. Правильные ответы на	ОПК-3 ПК-2

	решения конкретных задач расчета	вопросы №1-10 к зачёту. Выполнение курсовой работы	
Освоение раздела № 3	<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 навыками расчета констант равновесия химических реакций при заданной температуре; методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента</p>	Правильные ответы на вопросы № 1-11,27-58 к экзамену. Правильные ответы на вопросы №1-10 к зачёту. Выполнение курсовой работы	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>	Правильные ответы на вопросы № 1-11,27-58 к экзамену. Правильные ответы на вопросы №1-10 к зачёту. Выполнение курсовой работы	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 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 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, защиты курсовой работы, 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. Кинетический 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) скорость 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 протекания 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. $2Z + NO_g \rightarrow N_s + O_s$
2. $O_s + CO_g \rightarrow CO_2_g$
3. $2N_s \rightarrow N_2_g$
4. $N_s + NO_g \rightarrow N_2O_g$,

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:

- 1) $2Pt + O_2 \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} 2PtO$
- 2) $2Pt + H_2 \xrightleftharpoons[k_{-2}]{k_2} 2PtH$
- $PtO + 2PtH \xrightarrow{k_3} H_2O + 3Pt$.

Рассчитать энергию активации стадии 3, если известно, что:

- $k_1 = 3,6 \cdot 10^{19} \frac{\text{молек.}O_2}{\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{торр}}$ и
- стадии адсорбции являются неактивированными
 - $k_2 = 2 \cdot 10^{20} \frac{\text{молек.}H_2}{\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{торр}}$,
 - 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 A , B , 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 A в системе, если скорость рекомбинации $A + B = AB$ определяется диффузией.

Коэффициент диффузии $D_A \approx D_B$, радиусы A и B : $r_A \approx r_B$

3.3. Примерные темы курсовых работ (ОПК-3, ПК-2, ПК-18):

1. Кинетика синтеза Кинетика окисления CO .
2. Кинетика синтеза аммиака.
3. Кинетика паровой конверсии метана.
4. Кинетика синтеза метанола.
5. Кинетика окисления водорода.
6. Кинетика окисления аммиака.
7. Кинетика синтеза карбамида.
8. Кинетика процессов растворения солей.
9. Кинетика выщелачивания.
10. Кинетика процессов кристаллизации солей.
11. Кинетика процессов кристаллизации гидроксидов.
12. Кинетика реакций восстановления оксидов (оксида никеля, меди, кобальта и др.)
13. Кинетика реакций разложения гидроксидов.
14. Кинетика реакций разложения карбонатов.
15. Кинетика твердофазных реакций синтеза сложных оксидных катализаторов.

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.

Рабочая программа дисциплины
ТЕХНОЛОГИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Направление подготовки
18.03.01 Химическая технология

Направленность программы бакалавриата
Химическая технология неорганических веществ

Профессиональный модуль
Химическая технология неорганических веществ

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчики		Доцент Правдин Н.Н.

Рабочая программа дисциплины «Научные основы катализа и адсорбции» 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.....	09
4.3.1. Семинары, практические занятия	09
4.4. Самостоятельная работа.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	11
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	12
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Информационные справочные системы.....	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	13
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 освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	<p>Знать: физико-химические особенности технологии основных туковых продуктов: азотных, фосфорных, калийных и комплексных удобрений; принципы построения технологических схем; основные разделы технологического регламента химического производства;</p> <p>Уметь: обосновать выбор способов и режима технологических воздействий для превращения исходных компонентов в целевой вид продукции; анализировать влияние технологических параметров на свойства получаемых продуктов;</p> <p>Владеть: методами и способами определения параметров типовых стадий технологического процесса и оценки их влияния на показатели качества целевой продукции;</p>
ПК-3	готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности	<p>Знать: структуру и содержание государственных стандартов; структуру, содержание, процедуру согласования и утверждения технических условий на продукцию;</p> <p>Уметь: сформировать последовательность технологических воздействий для превращения исходного сырья различных кондиций в продукцию, квалификация которой отвечает нормативной документации;</p> <p>Владеть: методами сопоставительного анализа различных</p>

		технологических траекторий получения продукции регламентированного качества при наименьших затратах;
ПК-4	способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	<p>Знать: основы проектирования и направления совершенствования химико-технологических процессов; технологические возможности оборудования, критерии его подбора; федеральное и ведомственное законодательство по вопросам охраны окружающей среды</p> <p>Уметь: формулировать задания на разработку требований к организации и режимным показателям типовых технологических операций.</p> <p>Владеть: алгоритмом и методологией проектных расчетов для обоснования производства, методами анализа эффективности работы химических производств; методами оптимизации технологических режимов работы оборудования.</p>
ПК-10	способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа	<p>Знать: основные показатели физико-химических и товарных характеристик сырья, материалов и готовой продукции и методы их анализа, регламентированные в отрасли;</p> <p>Уметь: выполнять усреднение и подготовку проб для анализа; проводить анализы на содержание основных компонентов минерального сырья и удобрений; выполнять определение гранулометрического состава и механических характеристик продукции;</p> <p>Владеть: методами статистической обработки результатов анализа; навыками установления взаимосвязи между оценкой качества сырья и параметрами продукции.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам по профессиональному модулю по выбору (Б1.В.ДВ.03.01.05) и изучается на 4 курсе в 7 и 8 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на компетенции, сформированные при изучении таких дисциплин как «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Аналитическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Технология минеральных удобрений» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Метрология, стандартизация и сертификация», «Технологическое оборудование» во время прохождения преддипломной практики и выполнения выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	8/ 288
Контактная работа с преподавателем:	114
занятия лекционного типа	60
занятия семинарского типа, в т.ч.	42
семинары, практические занятия	42
лабораторные работы	–
курсовое проектирование (КР или КП)	–
КСР	12
другие виды контактной работы	–
Самостоятельная работа	111
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	–
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен (63)

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
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
7 семестр						
1.	Минеральные удобрения, их значение для жизнедеятельности человека	4	-	-	6	ПК-1 ПК-3

2.	Требования к качеству удобрений	2	2	–	6	ПК-10 ПК-3
3.	Производство фосфорных удобрений сернокислотным способом	6	2	–	8	ПК-1 ПК-4 ПК-10
4.	Производство экстракционной фосфорной кислоты	8	4	–	8	ПК-1 ПК-4
5.	Двойной суперфосфат и другие фосфорные удобрения	8	4	–	8	ПК-1 ПК-4 ПК-10
6.	Производство азотных удобрений	8	6	–	12	ПК-1 ПК-4
8 семестр						
7.	Производство калийных удобрений	4	4	–	10	ПК-1 ПК-4
8.	Производство комплексных удобрений	8	4	–	16	ПК-1 ПК-4
9.	Производство комплексных удобрений на основе азотнокислотного разложения природных фосфатов	4	8	–	12	ПК-1 ПК-4
10.	Жидкие минеральные, смешанные и органоминеральные удобрения	2	2	-	10	ПК-1 ПК-4
11.	Основы проектирования и обеспечение экологической безопасности производств минеральных удобрений	6	6	-	15	ПК-4 ПК-1

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Минеральные удобрения, их значение для жизнедеятельности человека.</u> Роль макро- и микрокомпонентов удобрений для жизнедеятельности растений. Классификация и ассортимент удобрений. Масштабы мирового и отечественного производства. Степень использования и экологические проблемы применения туков.	6	Компьютерная презентация
2	<u>Требования к качеству удобрений.</u> Стандарты на минеральные удобрения и соли и обоснование требований к их качеству. Методы контроля. Методы испытаний и пути улучшения физико-химических и механических свойств удобрений и солей. Управление качеством удобрений в промышленности.	6	Компьютерная презентация
3	<u>Производство фосфорных удобрений сернокислотным способом.</u> Фосфатное сырье. Физико-химические основы сернокислотного разложения природных фосфатов. Кристаллизация сульфата кальция из сернокислотных и фосфорнокислотных растворов. Основные особенности производства простого суперфосфата из различных типов фосфатного сырья. Технологические схемы производства суперфосфата,	8	Компьютерная презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	аппаратурное оформление, пути совершенствования технологии. Экология суперфосфатных производств.		
4	<u>Производство экстракционной фосфорной кислоты.</u> Получение экстракционной фосфорной кислоты в дигидратном, полугидратном и ангидритном режиме. Утилизация фосфогипса. Концентрирование фосфорной кислоты. Технологические схемы и аппаратурное оформление.	8	Компьютерная презентация
5	<u>Двойной суперфосфат и другие фосфорные удобрения.</u> Физико-химические основы получения двойного суперфосфата, Производство двойного суперфосфата камерным и поточными методами. Термические фосфаты. Обесфторенные фосфаты, Кормовые фосфаты кальция. Сравнительная технико-экономическая характеристика фосфорных удобрений. Перспективы технического прогресса в производстве фосфорных удобрений.	8	Компьютерная презентация
6	<u>Производство азотных удобрений.</u> Основные виды азотных удобрений, их состав и свойства. Сульфат аммония, его производство из коксового газа, из гипса, в качестве отхода производства капролактама. Нитрат аммония, схемы его производства из аммиака и азотной кислоты, из нитрата кальция. Изветково-аммиачная селитра, калийно-аммиачная селитра. Производство нитрата кальция и пути улучшения его физико-химических свойств. Производство карбамида по схемам с газовым и жидкостным рециклом. Сравнительная технико-экономическая характеристика различных видов азотных удобрений.	8	Компьютерная презентация
7	<u>Производство калийных удобрений.</u> Продукты калийной промышленности. Основные виды калийных руд и методы их переработки. Получение хлорида калия механическим обогащением калийных руд и переработкой их галургическими методами. Сульфатные калийные руды, получение из них сульфата калия. Утилизация отходов калийной промышленности.	4	Компьютерная презентация
8	<u>Производство комплексных удобрений.</u> Производство нитрата калия, фосфатов калия, поли- и метафосфатов калия. Фосфаты аммония – производство аммофоса и диаммонийфосфата. Нитроаммофоски, диаммонитрофоски, карбофоски. Схемы производства и аппаратурное оформление процессов. Производство комплексных удобрений на базе азотнокислотной переработки природных фосфатов. Перспективы развития промышленности комплексных удобрений.	8	Компьютерная презентация
9	<u>Производство комплексных удобрений на основе азотнокислотного разложения</u>	4	Компьютерная презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<u>природных фосфатов.</u> Физико-химические основы разложения природных фосфатов азотной кислотой. Физико-химические основы и методы переработки азотнокислотной вытяжки на удобрения. Нитрофоски. Карбонатный способ, сульфатные способы, фосфорнокислотный способ. Производство азофоски по схеме с вымораживанием нитрата кальция. Утилизация нитрата кальция, конверсия нитрата кальция в нитрат аммония. Перспективы развития азотнокислотных методов переработки природных фосфатов на удобрения.		
10	<u>Жидкие минеральные и органоминеральные удобрения.</u> Жидкие комплексные удобрения, их составы и способы получения. Базовые растворы. Схемы производства жидких комплексных удобрений.	2	Компьютерная презентация
11	<u>Основы проектирования и обеспечение экологической безопасности производств минеральных удобрений.</u> Основные понятия, этапы, стадии и порядок разработки проектной документации. Выбор площадки под строительство тукового предприятия. Основные принципы проектирования генерального и ситуационного планов. Содержание и порядок оформления пояснительной записки к рабочему проекту.	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	Инновационная форма
2	<u>Показатели качества удобрений</u> Гранулометрический состав. Статическая, динамическая прочность, прочность на истирание. Гигроскопичность и слеживаемость удобрений.	2	Групповая дискуссия
3	<u>Простой суперфосфат.</u> Требования, предъявляемые к сырью для производства простого суперфосфата. Материальный баланс производства суперфосфата. Расчет показателей процесса.	2	Групповая дискуссия
4	<u>Возможности получения экстракционной фосфорной кислоты из апатита и фосфоритов.</u> Материальный баланс производства фосфорной кислоты. Влияние примесей на качественные показатели продукта. Прогноз регламентируемых производственных показателей.	4	Моделирование производственной ситуации
5	<u>Фосфорнокислотная переработка фосфатов.</u>	4	Моделирование

	Материальные и тепловые расчеты производства двойного суперфосфата		производственной ситуации
6	<u>Производство нитрата аммония и карбамида.</u> Материальные и тепловые расчеты стадий синтеза, нейтрализации, выпарки и грануляции аммиачной селитры и карбамида.	6	Моделирование производственной ситуации
7	<u>Получение калийных солей.</u> Флотационный галургический методы. Расчеты по диаграмме растворимости KCl-NaCl-H ₂ O	4	Моделирование производственной ситуации
8	<u>Комплексные удобрения NP, NPK, NK, PK.</u> Материальные и тепловые балансы процессов производства аммофоса, нитроаммофоски, нитрата и фосфата калия.	4	Слайд-презентация
9	<u>Азотнокислотная переработка фосфатов.</u> Способы переработки азотнокислотной вытяжки. Методы выделения избыточного кальция. Растворимость в системе CaO-P ₂ O ₅ -N ₂ O ₅ -H ₂ O. Конверсия нитрата кальция. Методы получения сложных удобрений. Получение сложных удобрений методом вымораживания нитрата кальция. Получение сложных удобрений на основе связывания CaO	8	Групповая дискуссия Моделирование производственной ситуации
10	<u>Антагонизм и синергизм удобрений.</u> Расчет заданных составов тукосмесей на базе различных простых и комплексных удобрений.	2	Моделирование производственной ситуации
11	<u>Состав документов по этапам проектирования производства.</u> Декларация о намерениях. Обоснование инвестиций. Исходные данные для проектирования. Проект. Рабочая документация	6	Групповая дискуссия

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Мировые тенденции развития туковой промышленности. Лидеры производства в мире и России. Анализ потребления по странам.	6	Устный или письменный опрос
2	Обзор нормативной документации по отдельным классам удобрительных продуктов. ГОСТ, ТУ. Сертификация продукции.	6	Устный или письменный опрос
3	Сернокислотная переработки фосфатного сырья. Фазовый состав и химические свойства простого суперфосфата. Технические требования на суперфосфат. Физико-химические основы получения суперфосфата. Механизм и кинетика разложения фосфатов серной кислотой. Растворимость в системе CaO-P ₂ O ₅ -H ₂ O-SO ₃ . Кристаллизация сульфата кальция. Технологическая схема и аппаратное оформление. Утилизация фтористых газов. Гранулированный и аммонизированный суперфосфат.	8	Устный или письменный опрос
4	Дигидратный способ производства фосфорной	8	Устный или

	<p>кислоты. Условия ведения процесса. Перспективы развития дигидратного способа.</p> <p>Полугидратный способ производства фосфорной кислоты. Физико-химические основы процесса.</p> <p>Современное состояние и перспективы развития производства фосфорной кислоты. Техно-экономические характеристики. Двухстадийные способы производства полугидратный - дигидратный, дигидратный - полугидратный. Получение концентрированной фосфорной кислоты. Основные свойства. Требования ГОСТ. Основные задачи и направления совершенствования технологии и аппаратуры производства экстракционной фосфорной кислоты.</p>		письменный опрос
5	<p>Фосфорокислотная переработка фосфатного сырья. Физико-химические основы. Производство двойного суперфосфата. Диаграмма растворимости $\text{Ca}_2\text{O}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{H}_2\text{O}$. Фазовый состав и химические свойства двойного суперфосфата. Анализ условий равновесия в системе апатит-фосфорная кислота. Технические требования на двойной суперфосфат. Современное состояние и перспективы развития производства двойного суперфосфата. Технологическая схема производства двойного суперфосфата. Камерный, камерно-поточный и многоретурный методы. Пути совершенствования технологии производства суперфосфата. Техно-экономические показатели.</p>	8	Устный или письменный опрос
6	<p>Роль и значение связанного азота в народном хозяйстве. Основные этапы развития технологии связанного азота. Современные проблемы и задачи промышленности связанного азота. Физико-химические основы синтеза аммиака. Механизм процесса. Технологическая схема отделения синтеза аммиака. Аппаратурное оформление процесса. Схема энергетического обеспечения агрегатов крупной единичной мощности. Основные направления модернизации отделения синтеза аммиака. Техно-экономические показатели различных схем производства аммиака.</p> <p>Современное состояние и перспективы развития производства азотной кислоты в России и за рубежом. Физико-химические основы процессов, применяемых в производстве азотной кислоты. Контактное окисление аммиака. Химические реакции процесса.</p>	12	Устный или письменный опрос
7	<p>Получение калийных удобрений. Переработка сильвинитовых и карналлитовых руд. Физико-химические основы процесса, технологическая схема производства и основное оборудование. Получение сульфата калия. Техно-экономический анализ производства калийных солей из различного сырья.</p>	10	Устный или письменный опрос
8	<p>Общая характеристика и ассортимент комплексных</p>	16	Устный или

	удобрений. Физические свойства, технические требования. Обзор технологических схем производства комплексных удобрений. Аммофос и диаммофос. Химические и физические свойства фосфатов аммония. Технические требования на аммофос. Физико-химические основы аммонизации фосфорной кислоты. Изменение растворимости в процессе аммонизации. Способы и параметры производства. Технологические схемы производства и конструкции основных аппаратов. Техно-экономические показатели. Производство полифосфатов аммония. Нитрофос, нитрофоска и нитроаммофоска. Физико-химические свойства. Технические требования. Физико-химические основы производства. Технологическая схема и конструкции основных аппаратов.		письменный опрос
9	Физико-химические основы азотнокислотной переработки фосфатного сырья. Кинетика разложения фосфатов азотной кислотой. Анализ влияния условий (нормы азотной кислоты, температуры и др.) на скорость разложения фосфатов, степень извлечения P ₂ O ₅ , качественный состав продуктов. Способы переработки азотнокислотной вытяжки. Методы выделения избыточного кальция. Растворимость в системе CaO-P ₂ O ₅ -N ₂ O ₅ -H ₂ O. Получение сложных удобрений методом вымораживания нитрата кальция. Получение сложных удобрений на основе связывания CaO.	12	Устный или письменный опрос
10	Характеристика гуминовых веществ и особенности их воздействия на растения. Функции гуминовых веществ в биосфере. Природные и промышленные источники гумуса. Вещества гумусовой природы в сочетании с минеральными туками. Ассортимент органоминеральных удобрений и технология их производства.	10	Устный или письменный опрос
11	Экологические проблемы в производстве удобрений. Соединения фтора, их использование, утилизация фтора природных фосфатов. Характеристика отходящих фторсодержащих газов туковых производств. Пути переработки отходящих фторсодержащих газов туковых производств на различные продукты. Разрешительная документация на проектирование нового объекта. Структура проектного института. Техническое задание на разработку проектной документации.	15	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

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 (7 и 8 семестры).

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения заданных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) теоретического характера.

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

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Получение нитрата калия конверсионным методом.
2. Физико-химические и товарные характеристики промышленных удобрений.

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

а) основная литература:

1. Общая химическая технология: учебник для хим.-технол. спец. вузов. В 2-х ч./ под ред. И.П. Мухленова. – 5 изд. стер. -М.:Альянс, 2009.- Ч 1: Теоретические основы химической технологии. - 255с.
2. Общая химическая технология: учебник для хим.-технол. спец. вузов. В 2-х ч./ под ред. И.П. Мухленова. – 5 изд., стер. -М.:Альянс, 2009.- Ч 2: Важнейшие химические производства. - 264с.
3. Ахметов, Н.С. Общая и неорганическая химия. / Н.С. Ахметов. – М.: Высшая школа, 2008. – 743с.
4. Краткий справочник физико-химических величин. / под ред. А.А. Равделя. – 11-е изд., испр. и доп. – М.:Аз-воок, 2009. – 240 с.
5. Фролов, В.Ф. Процессы и аппараты химической технологии. / В.Ф. Фролов. – СПб.: Синтез, 2008. – 468с.

б) дополнительная литература:

1. Позин, М.Е. Технология минеральных удобрений. / М.Е. Позин. – 6 изд. - Л.: Химия, 1989. - 352 с.
2. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носов. - М.: Химия, 1987. – 575с.
3. Правдин, Н.Н. Химическое обогащение магнийсодержащего фосфатного сырья/Н.Н.Правдин, Т.В.Лаврова.- СПб., СПбГТИ(ТУ), 2004. –11с.

4. Правдин, Н.Н. Экстракция фосфорной кислоты из природных фосфатов/Н.Н.Правдин, Т.В.Лаврова.- СПб., СПбГТИ(ТУ), 2004. – 12 с.
5. Правдин, Н.Н. Получение простого суперфосфата из сырья Кингисеппского месторождения/Н.Н.Правдин, Т.В.Лаврова.- СПб., СПбГТИ(ТУ), 2004. – 11 с.
6. Правдин, Н.Н. Получение двойного суперфосфата/Н.Н.Правдин, Т.В.Лаврова.- СПб., СПбГТИ(ТУ), 2004. – 10 с.
7. Правдин, Н.Н. Получение аммофоса из термической и экстракционной фосфорной кислоты/Н.Н.Правдин, Т.В.Лаврова.- СПб., СПбГТИ(ТУ), 2004. – 11 с.
8. Классен, П.В. Гранулирование. / П.В. Классен, И.Г. Гришаев, И.П. Шомин. - М.: Химия, 1991. – 240 с.
9. Кувшинников, И.М. Минеральные удобрения и соли. / И.М. Кувшинников. - М.: Химия, 1987. - 256 с.
10. Позин, М.Е. Физико-химические основы неорганической технологии. / М.Е. Позин, Р.Ю. Зинюк.- СПб.: Химия, 1993. - 440 с.
11. Расчеты по технологии неорганических веществ. / М.Е. Позин [и др.]. - Л.: Химия, 1977.- 495 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/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Технология минеральных удобрений» 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.

СТП СПбГТИ 016-2014. КС УКВД. 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 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.

Microsoft Office (Microsoft Excel, Microsoft Word);

10.3. Информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

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 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 «Технология минеральных удобрений»**

3. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ПК-1	способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	промежуточный
ПК-3	готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности	промежуточный
ПК-4	способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	промежуточный
ПК-10	способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа	промежуточный

4. 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 действующие макро- и микрокомпоненты, классификацию и ассортимент удобрений. Масштабы мирового и отечественного производства. Степень использования и экологические проблемы применения туков. Направления совершенствования химико-технологических процессов туковой отрасли. Умеет подобрать химические соединения для комплектования туковых композиций.	Правильные ответы на вопросы № 1-8 к экзамену	ПК-1 ПК-3
Освоение раздела № 2	Знает структуру и содержание государственных стандартов туковой отрасли; структуру, содержание, процедуру согласования и утверждения технических	Правильные ответы на вопросы № 9-	ПК-10 ПК-3

	<p>условий на продукцию; основные показатели физико-химических и товарных характеристик сырья, материалов и готовой продукции и методы их анализа, регламентированные в отрасли.</p> <p>Умеет организовать испытания физико-химических и физико-механических характеристик удобрений в зависимости от их вида.</p>	17,18,22,28,39, к экзамену	
Освоение раздела № 3	<p>Знает физико-химические особенности технологии простого суперфосфата; принципы построения технологических схем; технологические возможности оборудования, критерии его подбора; федеральное и ведомственное законодательство по вопросам охраны окружающей среды</p> <p>Умеет обосновать выбор способов и режима технологических воздействий для превращения исходных компонентов в целевой вид продукции; проводить статистическую обработку результатов анализа; устанавливать взаимосвязь между оценкой качества сырья и параметрами продукции.</p>	Правильные ответы на вопросы № 18-28 к экзамену	ПК-1 ПК-4 ПК-10
Освоение раздела № 4	<p>Знает физико-химические особенности технологии экстракционной фосфорной кислоты; принципы построения технологических схем; технологические возможности оборудования, критерии его подбора;</p> <p>Умеет формулировать задания на разработку требований к организации и режимным показателям типовых технологических операций.</p>	Правильные ответы на вопросы № 29-37 к экзамену	ПК-1 ПК-4
Освоение раздела № 5	<p>Знает физико-химические особенности технологии двойного суперфосфата, преципитата; принципы построения технологических схем; технологические возможности оборудования, критерии его подбора;</p> <p>Умеет выполнять усреднение и подготовку проб для анализа; проводить анализы на содержание основных компонентов минерального сырья и удобрений; выполнять определение гранулометрического состава и механических характеристик продукции;</p>	Правильные ответы на вопросы № 38-41 к экзамену	ПК-1 ПК-4 ПК-10
Освоение раздела № 6	<p>Знает физико-химические особенности технологии азотных удобрений: карбамида, нитрата аммония; принципы построения технологических схем аммиака и азотной кислоты; основные разделы технологического регламента указанных производств;</p> <p>Умеет обосновать выбор способов и режима</p>	Правильные ответы на вопросы № 42-50 к экзамену	ПК-1 ПК-4

	технологических воздействий для превращения исходных компонентов в целевой вид продукции;		
Освоение раздела № 7	Знает физико-химические особенности технологии хлорида, сульфата и нитрата калия; принципы построения технологических схем; технологические возможности оборудования, критерии его подбора; Умеет анализировать влияние технологических параметров на свойства получаемых продуктов;	Правильные ответы на вопросы № 51-57 к экзамену	ПК-1 ПК-4
Освоение раздела № 8	Знает физико-химические особенности технологии NP, NPK, NK, PK удобрений; принципы построения технологических схем; технологические возможности оборудования, направления совершенствования химико-технологических процессов; Умеет проводить проектные расчеты для обоснования производства, прогнозировать эффективность работы химических производств; оптимизировать технологические режимы работы.	Правильные ответы на вопросы № 58-67 к экзамену	ПК-1 ПК-4
Освоение раздела № 9	Знает состав и организацию технологических операций азотнокислотного разложения фосфатов; основания для выбора способов и режимов технологических воздействий для превращения исходных компонентов в целевой вид продукции. Умеет устанавливать взаимосвязь выявленных дефектов продукции с отклонениями технологического режима	Правильные ответы на вопросы № 68-73 к экзамену	ПК-1 ПК-4
Освоение раздела №10	Знает физико-химические особенности технологии азотных и комплексных жидких удобрений: влияние гумусосодержащих веществ на жизнедеятельность растений; технологию и ассортимент органоминеральных удобрений Умеет формулировать задания на разработку требований к организации и режимным показателям производств органоминеральных удобрений	Правильные ответы на вопросы № 74-86 к экзамену	ПК-1 ПК-4
Освоение раздела №11	Знает основы проектирования и направления совершенствования химико-технологических процессов; экологические проблемы производства и применения удобрений; федеральное и ведомственное законодательство по вопросам охраны окружающей среды Умеет сформировать последовательность технологических воздействий для превращения исходного сырья различных кондиций в продукцию, квалификация	Правильные ответы на вопросы № 87-100 к экзамену	ПК-4 ПК-1 ПК-3

	которой отвечает нормативной документации; проводить проектные расчеты для обоснования производства, прогнозировать эффективность работы химических производств; оптимизировать технологические режимы работы.		
--	--	--	--

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):
по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена, результат оценивания –балльная система.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

1. Классификация минеральных удобрений.
2. Сырье для производства минеральных удобрений.
3. Макро- и микрокомпоненты питания растений.
4. Значение азота, фосфора и калия для жизнедеятельности растений.
5. Способы выражения состава минеральных удобрений.
6. Требования, предъявляемые к минеральным удобрениям.
7. Степень использования и экологические проблемы применения туков.
8. Ретроградация фосфатов процессе производства и применения.
9. Методы испытаний минеральных удобрений.
10. Показатели качества минеральных удобрений.
11. Гранулометрический состав туков, метод его определения.
12. Статическая, динамическая прочность гранул и прочность на истирание.
13. Слеживаемость минеральных удобрений.
14. Структура и содержание государственных стандартов туковой отрасли.
15. Структура и содержание технических условий на продукты туковой отрасли.
16. Физико-химические и товарные характеристики промышленных удобрений.
17. Понятие об условной растворимости фосфатов.
18. Основные виды фосфатного сырья, их характеристика.
19. Методы переработки фосфатного сырья.
20. Фосфорные удобрения, основные виды и состав.
21. Продукты сернокислотной переработки фосфатов.
22. Технические требования на простой суперфосфат.
23. Технологические схемы производства простого суперфосфата.
24. Технология гранулированного простого суперфосфата.
25. Анализ процесса производства простого суперфосфата с помощью диаграммы состояния системы $\text{CaO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{H}_2\text{O}$.
26. Основные показатели процесса получения простого суперфосфата.
27. Утилизация фтористых газов производства простого суперфосфата.
28. Характеристика методов определения P_2O_5 общее, P_2O_5 усвояемое, P_2O_5 водное.
29. Физико-химические основы производства экстракционной фосфорной кислоты.
30. Фазовые переходы сульфата кальция в растворах фосфорной кислоты.
31. Влияние основных примесей фосфатного сырья на качественные показатели продукционной экстракционной фосфорной кислоты.
32. Кристаллизация сульфата кальция.
33. Производство экстракционной фосфорной кислоты дигидратным методом.
34. Производство экстракционной фосфорной кислоты полугидратным и ангидритным методами.
35. Получение концентрированной экстракционной фосфорной кислоты.
36. Получение очищенной экстракционной фосфорной кислоты.

37. Направления использования экстракционной фосфорной кислоты для получения ассортимента туковой продукции.
38. Технологические схемы производства двойного суперфосфата.
39. Технические требования на двойной суперфосфат.
40. Анализ процесса производства двойного суперфосфата с помощью диаграммы состояния системы $\text{CaO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{H}_2\text{O}$.
41. Производство удобрительного и кормового преципитата из экстракционной фосфорной кислоты.
42. Характеристика азотных удобрений.
43. Обоснование структуры завода азотных удобрений и ассортимента его продукции.
44. Физико-химические основы синтеза аммиака.
45. Принципиальная схема современного производства аммиака.
46. Физико-химические основы процессов производства азотной кислоты.
47. Принципиальная схема современного производства азотной кислоты.
48. Технология нитрата аммония.
49. Получение нитрата аммония конверсией нитрата кальция.
50. Принципиальная схема современного производства карбамида.
51. Основные виды калийных удобрений.
52. Калийное сырье и виды калийных удобрений.
53. Производство флотационного хлорида калия.
54. Физико-химические основы производства галургического хлорида калия.
55. Технологическая схема производства галургического хлорида калия.
56. Способы улучшения физико-механических характеристик хлорида калия.
57. Утилизация отходов калийной промышленности.
58. Классификация комплексных удобрений.
59. Требования, предъявляемые к комплексным удобрениям.
60. Удобрения на основе фосфата аммония.
61. Диаграмма состояния системы $\text{NH}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{H}_2\text{O}$.
62. Технологические схемы производства аммофоса.
63. Технологические схемы производства диаммофоса.
64. Технологические схемы производства нитроаммофоски, диаммонитрофоски.
65. Технологическая схема производства карбофоски.
66. Технология РК удобрений.
67. Получение нитрата калия конверсионным методом.
68. Классификация азотнокислотных методов переработки фосфатного сырья на удобрения.
69. Физико-химические основы азотнокислотного метода производства нитрофоски.
70. Физико-химические основы азотносернокислотного метода производства нитрофоски.
71. Азотнокарбонатный метод получения сложных удобрений.
72. Принципиальная схема производства сложных удобрений методом вымораживания нитрата кальция из азотнокислотной вытяжки.
73. Утилизация нитрата кальция конверсией в нитрат аммония.
74. Синергизм и антагонизм удобрений.
75. Смешанные удобрения, основные принципы составления туковых смесей.
76. Классификация жидких удобрений.
77. Технология ЖКУ на базе полифосфатов аммония.
78. Технология ЖКУ на базе карбамида и нитрата аммония.
79. Органоминеральные удобрения, ассортимент.
80. Общая характеристика и группы гуминовых веществ.
81. Биосферные функции гуминовых веществ.
82. Особенности взаимодействия гуматов аммония с фосфатами.

83. Природные и промышленные источники гумуса.
84. Основные цели и способы вовлечения гуминовых веществ в производство удобрений.
85. Технология твердых органоминеральных удобрений.
86. Технология жидких органоминеральных удобрений.
87. Экологические проблемы в производстве удобрений.
88. Экологические проблемы применения удобрений.
89. Закрепление и мобилизация фосфатов в почве.
90. Способы утилизации фтора при переработке природных фосфатов.
91. Этапы и стадии проектирования.
92. Назначение Ходайства(декларации) о намерениях.
93. Состав и содержание обоснований инвестиций в строительство предприятия.
94. Состав исходных данных для проектирования химического предприятия.
95. Состав основных разделов, разрабатываемых на стадии «ТЭО (проект)»
96. Порядок разработки технологической схемы создаваемого объекта
97. Основные принципы разработки генерального плана размещения объекта.
98. Основные принципы разработки ситуационного плана размещения объекта.
99. Выбор основного технологического оборудования
100. Ситуационный план предприятия, обеспечение норм экологического законодательства.

а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-1, ПК-4:

1. Классификация минеральных удобрений.
2. Сырье для производства минеральных удобрений.
3. Макро- и микрокомпоненты питания растений.
4. Значение азота, фосфора и калия для жизнедеятельности растений.
5. Степень использования и экологические проблемы применения туков.
6. Ретроградация фосфатов процессе производства и применения.
7. Основные виды фосфатного сырья, их характеристика.
8. Методы переработки фосфатного сырья.
9. Фосфорные удобрения, основные виды и состав.
10. Продукты сернокислотной переработки фосфатов.
11. Технологические схемы производства простого суперфосфата.
12. Технология гранулированного простого суперфосфата.
13. Анализ процесса производства простого суперфосфата с помощью диаграммы состояния системы $\text{CaO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{H}_2\text{O}$.
14. Основные показатели процесса получения простого суперфосфата.
15. Утилизация фтористых газов производства простого суперфосфата.
16. Характеристика методов определения P_2O_5 общее, P_2O_5 усвояемое, P_2O_5 водное.
17. Физико-химические основы производства экстракционной фосфорной кислоты.
18. Фазовые переходы сульфата кальция в растворах фосфорной кислоты.
19. Влияние основных примесей фосфатного сырья на качественные показатели продукционной экстракционной фосфорной кислоты.
20. Кристаллизация сульфата кальция.
21. Производство экстракционной фосфорной кислоты дигидратным методом.
22. Производство экстракционной фосфорной кислоты полугидратным и ангидритным методами.
23. Получение концентрированной экстракционной фосфорной кислоты.
24. Получение очищенной экстракционной фосфорной кислоты.
25. Направления использования экстракционной фосфорной кислоты для получения ассортимента туковой продукции.

26. Технологические схемы производства двойного суперфосфата.
27. Анализ процесса производства двойного суперфосфата с помощью диаграммы состояния системы $\text{CaO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{H}_2\text{O}$.
28. Производство удобрильного и кормового преципитата из экстракционной фосфорной кислоты.
29. Характеристика азотных удобрений.
30. Обоснование структуры завода азотных удобрений и ассортимента его продукции.
31. Физико-химические основы синтеза аммиака.
32. Принципиальная схема современного производства аммиака.
33. Физико-химические основы процессов производства азотной кислоты.
34. Принципиальная схема современного производства азотной кислоты.
35. Технология нитрата аммония.
36. Получение нитрата аммония конверсией нитрата кальция.
37. Принципиальная схема современного производства карбамида.
38. Основные виды калийных удобрений.
39. Калийное сырье и виды калийных удобрений.
40. Производство флотационного хлорида калия.
41. Физико-химические основы производства галургического хлорида калия.
42. Технологическая схема производства галургического хлорида калия.
43. Способы улучшения физико-механических характеристик хлорида калия.
44. Утилизация отходов калийной промышленности.
45. Классификация комплексных удобрений.
46. Удобрения на основе фосфата аммония.
47. Диаграмма состояния системы $\text{NH}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{H}_2\text{O}$.
48. Технологические схемы производства аммофоса.
49. Технологические схемы производства диаммофоса.
50. Технологические схемы производства нитроаммофоски, диаммонитрофоски.
51. Технологическая схема производства карбофоски.
52. Технология РК удобрений.
53. Получение нитрата калия конверсионным методом.
54. Классификация азотнокислотных методов переработки фосфатного сырья на удобрения.
55. Физико-химические основы азотнокислотного метода производства нитрофоски.
56. Физико-химические основы азотносернокислотного метода производства нитрофоски.
57. Азотнокарбонатный метод получения сложных удобрений.
58. Принципиальная схема производства сложных удобрений методом вымораживания нитрата кальция из азотнокислотной вытяжки.
59. Утилизация нитрата кальция конверсией в нитрат аммония.
60. Синергизм и антагонизм удобрений.
61. Смешанные удобрения, основные принципы составления туковых смесей.
62. Классификация жидких удобрений.
63. Технология ЖКУ на базе полифосфатов аммония.
64. Технология ЖКУ на базе карбамида и нитрата аммония.
65. Органоминеральные удобрения, ассортимент.
66. Общая характеристика и группы гуминовых веществ.
67. Биосферные функции гуминовых веществ.
68. Особенности взаимодействия гуматов аммония с фосфатами.
69. Природные и промышленные источники гумуса.
70. Основные цели и способы вовлечения гуминовых веществ в производство удобрений.
71. Технология твердых органоминеральных удобрений.

72. Технология жидких органоминеральных удобрений.
73. Экологические проблемы в производстве удобрений.
74. Экологические проблемы применения удобрений.
75. Закрепление и мобилизация фосфатов в почве.
76. Способы утилизации фтора при переработке природных фосфатов.
77. Этапы и стадии проектирования.
78. Назначение Ходайства(декларации) о намерениях.
79. Состав и содержание обоснований инвестиций в строительство предприятия.
80. Состав исходных данных для проектирования химического предприятия.
81. Состав основных разделов, разрабатываемых на стадии «ТЭО (проект)»
82. Порядок разработки технологической схемы создаваемого объекта
83. Основные принципы разработки генерального плана размещения объекта.
84. Основные принципы разработки ситуационного плана размещения объекта.
85. Выбор основного технологического оборудования
86. Ситуационный план предприятия, обеспечение норм экологического законодательства.

б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-3:

1. Требования, предъявляемые к минеральным удобрениям.
2. Показатели качества минеральных удобрений.
3. Структура и содержание государственных стандартов туковой отрасли.
4. Структура и содержание технических условий на продукты туковой отрасли.
5. Технические требования на простой суперфосфат.
6. Технические требования на двойной суперфосфат.
7. Требования, предъявляемые к комплексным удобрениям.
8. Требования, предъявляемые к комплексным удобрениям.
9. Состав и содержание обоснований инвестиций в строительство предприятия.
10. Состав исходных данных для проектирования химического предприятия.

в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-10:

1. Методы испытаний минеральных удобрений.
2. Показатели качества минеральных удобрений.
3. Способы выражения состава минеральных удобрений.
4. Гранулометрический состав туков, метод его определения.
5. Статическая, динамическая прочность гранул и прочность на истирание.
6. Понятие об условной растворимости фосфатов.
7. Основные виды фосфатного сырья, их характеристика.
8. Характеристика методов определения P_2O_5 общее, P_2O_5 усвояемое, P_2O_5 водное.
9. Слеживаемость минеральных удобрений.

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.

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.

Рабочая программа дисциплины
ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Направление подготовки
18.03.01 Химическая технология

Направленность программы бакалавриата
Химическая технология неорганических веществ

Профессиональный модуль
Химическая технология неорганических веществ

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчики		профессор Лавров Б.А. ст. преподаватель Мураховская Н.В.

Рабочая программа дисциплины «Научные основы катализа и адсорбции» 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.Малыгин
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.....	09
4.3.1. Семинары, практические занятия	09
4.4. Самостоятельная работа.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	11
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	12
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Информационные справочные системы.....	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	13
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 освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	Знать: физико-химические основы технологий электротермических производств Уметь: рассчитать электрические и технологические параметры основного оборудования электротермических производств. Владеть: профессиональным языком, основными терминами и определениями в области электротермических производств
ПК-3	готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности	Знать: способы подготовки сырья, выделения и обогащения целевого продукта. Уметь: рассчитать оптимальный состав шихты для производства продуктов электротермических производств с учетом требований к исходному сырью и продуктам, а также основные параметры продукта. Владеть: навыками определения параметров электрооборудования с использованием нормативных документов (по маркировке, как пример).
ПК-4	способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	Знать: принципы реализации технологического процесса с точки зрения современных требований к производству (с позиций экономической целесообразности и требований по защите окружающей среды). Уметь: разработать технологическую схему на заданную производительность, рассчитать параметры основного оборудования для технологической цепочки в целом. Владеть: современными методами контроля свойств исходных сырьевых материалов, готовой продукции, определения технологических параметров при высоких температурах и давлениях.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам по профессиональному модулю по выбору (Б1.В. ДВ. 03.01.06) и изучается на 4 курсе в 7 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология». Полученные в процессе изучения дисциплины «Технология электротермических производств» знания, умения и навыки могут быть применены во время прохождения преддипломной практики и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	4/ 144
Контактная работа с преподавателем:	60
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия	-
лабораторные работы	36
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	6
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	57
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	экзамен (27),зачёт

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	Лабораторные работы		
1.	Электрооборудование электротермических производств	3	-	10	10	ПК-1
2.	Электрические разряды в газах	2	-	8	9	ПК-1
3.	Технология графитации углеродистых материалов	2		-	8	ПК-1
4.	Технология фосфора и ферросплавов	4	-	10	10	ПК-1,

						ПК-3
5.	Технология карбида кальция	4	–	8	10	ПК-3, ПК-4
6.	Технология абразивных материалов	3	–	-	10	ПК-3, ПК-4

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	<u>Электрооборудование электротермических производств.</u> Химическая электротермия как отрасль химической технологии. Основные преимущества и недостатки электронагрева. Цепи постоянного и переменного тока. Силовое оборудование электротермических производств. Измерительная аппаратура. Классификация печей в технологии электротермических производств.	3	Компьютерная презентация
2	<u>Электрические разряды в газах.</u> Ионизация частиц (электронов и ионов) в газах посредством авто-, фотоионизации, авто-, термо- и фотоэлектронной эмиссии. Понятия (не)самостоятельного разряда. Вольт-амперная характеристика разрядов в газах. Дуговой разряд. Дуговые и руднотермические печи (классификация, конструкция).	2	Компьютерная презентация
3	<u>Технология графитации углеродистых материалов.</u> Классификация углеграфитовых материалов, область их применения, характеристика. Тенденции в развитии производства углеграфитовых материалов. Сырьевые материалы и составление шихты для производства различных изделий. Естественные и искусственные углеродистые материалы (графиты, антрациты, коксы, сажи), способы их получения. Углеродистые связующие вещества (пек, синтетические смолы и т.д.), технологические основы их получения. Общая характеристика производства углеграфитовых материалов. Теоретические основы графитации.	2	Компьютерная презентация
4	<u>Технология фосфора и ферросплавов.</u> Сырье для производства. Технологическая схема производства. Расчет и составление шихты. Материальный и энергетический баланс производства фосфора. Зонное строение фосфорной печи (процессы в зонах печи, связь электрических, технологических и химических параметров). Конструкция фосфорной печи (корпус, футеровка, крышка, электроды, летки). Общие сведения о ферросплавах (феррофосфор, ферросилиций, металлический кремний). Конструкции печей, технологии производства.	4	Компьютерная презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
5	<u>Технология карбида кальция.</u> Структура потребления карбида кальция. Принципиальная схема производства. Физические свойства карбида кальция и его расплава. Химические свойства карбида кальция (термическое разложение, особенности реакции азотирования с образованием цианомида кальция). Механизм и кинетика реакции карбидообразования (теоретические представления, влияние различных факторов на кинетику процесса). Побочные процессы при производстве карбида кальция (реакции восстановления основных примесных оксидов). Требования к качеству продукции и сырьевых материалов. Подготовка сырья к плавке. Технология карбида кремния/бора. Общая характеристика карбидных печей. Работа карбидной печи как химического реактора.	4	Компьютерная презентация
6	<u>Технология абразивных материалов.</u> Продукция на основе абразивных материалов. Основные виды природных и искусственных абразивных материалов. Работа абразивного материала в зерне. Требования к абразивным материалам (твердость, прочность, самозатачивание зерен, химическая чистота и совершенство структуры, теплопроводность, термостойкость, химическая инертность). Основные свойства абразивных материалов и методы их оценки. Производство нормального электрокорунда, белого электрокорунда, монокорунда, карбида кремния, карбида бора (общая характеристика, основные принципы плавки, химический и минералогический состав, требования к качеству продукта)	3	Компьютерная презентация

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

Семинары, практические занятия по данной дисциплине в методическом плане не предусмотрены.

4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
1	Расчет нагревателя. Определяют материал нагревателя, размеры, конструкцию, срок службы, исходя из мощности нагревателя и площади поверхности нагрева (при известном питающем напряжении и требуемой температуре в печи). Определение допустимой удельной поверхностной мощности.	4	Компьютерная симуляция

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
1	Расчет электрических характеристик печи и короткой сети (на примере печи по производству карбида кремния). Мощность трансформатора, коэффициент использования мощности. Определение геометрических параметров ядра. Для расчета электрических параметров печи определяют активное сопротивление ядра, что позволяет определить типоразмер трансформатора (по значениям рабочих напряжений).	6	Компьютерная симуляция
2	Анализ условий зажигания и устойчивого горения дуги. Получение вольт-амперной характеристики дуги (изменение тока приводит к изменению электрических свойств разрядного промежутка).	4	Лабораторные испытания, компьютерная симуляция
4	Материальный баланс производства фосфора с учетом предложенного химического состава шихты и модуля кислотности.	6	Компьютерная симуляция
4	Энергетический баланс производства фосфора с учетом данных материального баланса.	4	Компьютерная симуляция
5	Термодинамический анализ системы CaO-C. Термодинамический расчет системы при взаимодействии в твердой фазе, определение температуры начала карбидообразования. Термодинамический расчет при взаимодействии углерода с оксидно-карбидным расплавом. Определение зависимости равновесной концентрации карбида кальция от температуры.	4	Компьютерная симуляция
5	Определение литража карбида кальция в соответствии с ГОСТ 1460-81.	4	Лабораторные испытания

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Трансформаторы. Соединение обмоток печных трансформаторов.	6	Устный или письменный опрос
2	Коронный/ кистевой/ искровой разряд. Область существования.	6	Устный или письменный опрос
3	Современные представления процессов графитации.	6	Устный или

			письменный опрос
3	Пироуглерод / стеклоуглерод / углеродные волокна (ткани). Теоретические основы производства.	6	Устный или письменный опрос
4	Контроль параметров электропечного производства.	7	Устный или письменный опрос
5	Экологические аспекты производства карбида кальция. Методы очистки реакционных газов карбидных печей.	6	Устный или письменный опрос
5	Производство карбида кремния / карбида бора. Основы технологии производства.	6	Устный или письменный опрос
6	Природные абразивные материалы.	2	Устный или письменный опрос
6	Взаимосвязь твердости и прочности материалов с их кристаллической структурой и строением атомов.	6	Устный или письменный опрос
6	Характеристики шлифзерна, шлифпорошков и микропорошков.	6	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

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 (7 семестр).

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 вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и, вопрос, направленный на проверку умений и навыков.

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

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Силовое оборудование электротермических установок.
2. Описание технологического процесса карбида кальция (с краткой характеристикой оборудования).

Пример вариант вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Физико-химические основы процесса паровой конверсии природного газа
2. Расчёт материального баланса узла смешения потоков в колонне синтеза метанола с промежуточным вводом байпаса.

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

а) основная литература:

1. Лавров, Б.А. Химическая технология неорганических веществ: учебное пособие / Б.А. Лавров. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015. – 115 с.
2. Лавров, Б.А. Теоретические основы химической технологии: учебное пособие / Б.А. Лавров. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015. – 136 с.
3. Лавров, Б.А. Физическая химия расплавов: учебное пособие / Б.А. Лавров, Ю.П. Удалов. – СПб.: Проспект науки, 2013. – 176 с.
4. Удалов, Ю.П. Применение программных комплексов вычислительной и геометрической термодинамики в проектировании технологических процессов неорганических веществ: учебное пособие / Ю. П. Удалов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 150 с.

б) дополнительная литература:

1. Богданов, С. П. Электротермические процессы и реакторы: учебное пособие / С. П. Богданов, К. Б. Козлов, Б. А. Лавров, Э. Я. Соловейчик. – СПб.: Проспект Науки, 2009. – 424 с.
2. Лавров, Б.А. Электрические характеристики руднотермической печи: методические указания к лабораторной работе / Б.А. Лавров, К.Б. Козлов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006. – 14 с.
3. Луцко, Ф.Н. Химико-технологические расчеты с применением *MathCAD*: учебное пособие/ Ф.Н. Луцко, В.Е. Сороко, А.Н. Прокопенко; СПбГТИ(ТУ).- СПб., 2006.– 456 с.
4. Богданов, С.П. Электрические модели в руднотермических процессах: методические указания / С.П. Богданов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006.
5. Богданов, С.П. Расчет печей сопротивления: методические указания / С.П. Богданов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006.
6. Богданов, С.П. Расчет дуговых сталеплавильных печей: методические указания / С.П. Богданов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006.
7. Богданов, С.П. Рентгеноструктурный анализ углеродистых материалов: методические указания / С.П. Богданов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.– 26 с.

8. Богданов, С.П. Расчет руднотермических печей: методические указания / С.П. Богданов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006.– 36 с.

9. Козлов, К.Б. Проектирование печей химической электротермии. Часть 1. Общие вопросы. Расчет электрических и геометрических параметров печных установок: методические указания / К.Б. Козлов, Б.А. Лавров, С.П. Богданов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006.– 32 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/>;

«Лань » <https://e.lanbook.com/books/>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Технология электротермических производств» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

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

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные 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.

СТП СПбГТИ 016-2014. КС УКВД. 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 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.

пакеты прикладных программ стандартного набора (Microsoft Office, MathCAD);

прикладное программное обеспечение анализа изображений;

информационно - справочные системы (IVTANTERMO for windows)

10.3. Информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

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 проведения лабораторных работ, существует возможность использования оборудования Центров коллективного пользования СПбГТИ(ТУ) и Лаборатории каталитических технологий. Компьютеры кафедры 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 «Технология электротермических производств»**

5. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ПК-1	способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	Промежуточный
ПК-3	готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности	Промежуточный
ПК-4	способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	Промежуточный

6. 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 основные преимущества и недостатки электронагрева; классификацию печей в технологии электротермических производств. Умеет произвести расчет электрических характеристик печи и короткой сети; определять мощность трансформатора для производства. Владеет профессиональным языком, основными терминами и определениями в области электротермических производств; методами расчета электрических параметров основного оборудования электротермических производств.	Правильные ответы на вопросы № 1–9 к экзамену. Правильные ответы на вопросы № 1–10 к зачёту.	ПК-1
Освоение раздела № 2	Знает принцип возникновения электрических разрядов в газах; понятия: (не)самостоятельный разряд, дуговой разряд;	Правильные ответы на вопросы	ПК-1

	<p>принцип действия дуговых печей.</p> <p>Умеет представить вольт-амперную характеристику разрядов в газах.</p>	<p>№ 10–16 к экзамену.</p> <p>Правильные ответы на вопросы № 1-10 к зачёту.</p>	
Освоение раздела № 3	<p>Знает классификацию углеграфитовых материалов, область их применения, характеристики; общую характеристику производства углеграфитовых материалов.</p> <p>Умеет производить расчет параметров керна.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 17–20 к экзамену</p>	ПК-1
Освоение раздела № 4	<p>Знает основы технологии фосфора и ферросплавов; зонное строение фосфорной печи (процессы в зонах печи, связь электрических, технологических и химических параметров); конструкцию фосфорной печи (корпус, футеровка, крышка, электроды, летки).</p> <p>Умеет произвести расчет материального и энергетического баланса производства фосфора.</p> <p>Владеет общими представлениями о ферросплавах (феррофосфор, ферросилиций, металлический кремний).</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 21–49 к экзамену.</p> <p>Правильные ответы на вопросы № 1-10 к зачёту.</p>	ПК-1, ПК-3
Освоение раздела № 5	<p>Знает принципиальную схему производства; физические свойства карбида кальция и его расплава; химические свойства карбида кальция; побочные процессы при производстве карбида кальция (реакции восстановления основных примесных оксидов); требования к качеству продукции и сырьевым материалам; работу карбидной печи как химического реактора.</p> <p>Умеет на основании термодинамических расчетов рассчитать равновесный состав в системе CaO-C и произвести обоснование полученных экспериментальных результатов с учетом существующей технологии.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 50–53, 57-63 к экзамену.</p> <p>Правильные ответы на вопросы № 1-10 к зачёту.</p>	ПК-3, ПК-4
Освоение раздела № 6	<p>Знает основные виды природных и искусственных абразивных материалов; какие требования предъявляются к абразивным материалам (твёрдость, прочность, самозатачивание зерен, химическая чистота и совершенство структуры, теплопроводность, термостойкость, химическая инертность); основные свойства абразивных материалов и методы их оценки; знает основы технологии производства нормального электрокорунда, белого электрокорунда, монокорунда, карбида кремния, карбида бора</p> <p>Умеет определять основную характеристику качества карбида кальция-литраж.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 54–56, 64-67 к экзамену.</p>	ПК-3, ПК-4

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 для оценки сформированности элементов компетенции ПК-1:

3. Цепи постоянного и переменного тока.
4. Коэффициент мощности. Физический смысл.
5. Трехфазная система соединения проводников (схемы). Преимущества и недостатки.
6. Силовое оборудование электротермических установок.
7. Короткая сеть и ее элементы.
8. Электродинамические эффекты, их влияние на электрические характеристики электропечной установки.
9. Аварийные свехтоки и их отключение.
10. Трансформаторы электропечных установок, их характеристики.
11. Классификация и маркировка печей сопротивления.
12. Электрические разряды в газах. Классификация.
13. Обобщенная вольт-амперная характеристика разрядов в газах.
14. Дуговой разряд. Дуга постоянного тока.
15. Дуговой разряд. Дуга переменного тока.
16. Условия зажигания и устойчивого горения дуги.
17. Дуговые печи (предназначение, классификация).
18. Конструкция и механизмы дуговых печей.
19. Новые виды углеродистых материалов.
20. Проблемы сырья и энергетики в производстве углеродистых материалов.
21. Совмещенный обжиг и графитация.
22. Наноразмерный углерод (виды, способы получения, области применения).
23. Устройство фосфорной печи.
24. Электроды и электрододержатели.
25. Ферросплавы, применение в промышленности.
26. Коксование электродов.
27. Шлаковые и феррофосфорные летки.
28. Процессы, протекающие в IV и V зоне.
29. Энергетический баланс.
30. Процессы, протекающие во II зоне.
31. Устройство кожуха печи.
32. Процессы, протекающие в III зоне.
33. Строение реакционного пространства печи.
34. Связь электрических, технологических и геометрических параметров печи.
35. Процессы, протекающие в I зоне.
36. Принципиальная схема производства фосфора.
37. Крышка печи для производства фосфора.
38. Конструкция фосфорной печи.
39. Футеровка печи для производства фосфора.
40. Кремний металлический, технология получения.
41. Ферросплавы, применение в промышленности.

б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-3:

42. Термическая подготовка сырья.
43. Требования к шихте (на примере производства).
44. Сырье для производства фосфора.

45. Агломерация.
46. Способы укрупнения сырьевой мелочи.
47. Окатывание.
48. Принципиальная схема производства фосфора.
49. Расчет и составление шихты (технология фосфора).
50. Ферросилиций. Технология производства.
51. Феррохром. Технология производства.
52. Характеристика карбида кальция и требования к нему, его основные свойства и области применения, требования к сырью. Технология цианмида кальция и технических цианидов (характеристика продукта и требования к нему, его основные свойства и области применения, требования к сырью).
53. Технология нормального электрокорунда (характеристика НЭК и требования к нему, его основные свойства и области применения, требования к сырью и его подготовке).
54. Технология карбида кремния (характеристика карбида кремния и требования к нему, его основные свойства и области применения, требования к сырью и его подготовке).
55. Технология карбида бора (характеристика продукта, его основные свойства и области применения, требования к сырью и его подготовке).
56. Технология белого электрокорунда (характеристика БЭК и требования к нему, его основные свойства и области применения, требования к сырью).
57. Технология легированных электрокорундов и циркониевого электрокорунда (характеристика продукта и требования к нему, его основные свойства и области применения, требования к сырью).
58. Технология монокорунда (характеристика продукта, его основные свойства и области применения, требования к сырью и его подготовке).

в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-4:

59. Зонное строение ванны карбидной печи. Характеристика зон и их роль в процессе.
60. Механизм карбидообразования в технологии карбида кальция.
61. Описание технологического процесса карбида кальция (с краткой характеристикой оборудования).
62. Технология цианмида кальция (основные химические реакции, описание технологического процесса с краткой характеристикой оборудования).
63. Описание технологического процесса получения нормального электрокорунда (с краткой характеристикой оборудования).
64. Технология карбида кремния (основные химические реакции, описание технологического процесса с краткой характеристикой оборудования).
65. Технология карбида бора (основные химические реакции, описание технологического процесса с краткой характеристикой оборудования).
66. Технология нормального электрокорунда (основные химические реакции, описание технологического процесса с краткой характеристикой оборудования).
67. Технология белого электрокорунда (описание технологического процесса с краткой характеристикой оборудования).
68. Технология легированных электрокорундов и циркониевого электрокорунда (описание технологического процесса с краткой характеристикой оборудования).
69. Технология монокорунда (основные химические реакции, описание технологического процесса с краткой характеристикой оборудования).

3.2 Типовые контрольные вопросы к зачёту (ПК-1, ПК-3, ПК-4):

1. Расчет электрических характеристик печи и короткой сети.
2. Мощность трансформатора, коэффициент использования мощности.

3. Условия зажигания и устойчивого горения дуги.
4. Вольт-амперная характеристика дуги
5. Материальный баланс производства фосфора с учетом предложенного химического состава шихты и модуля кислотности.
6. Энергетический баланс производства фосфора с учетом данных материального баланса.
7. Термодинамический анализ системы CaO-C.
8. Термодинамический расчет системы при взаимодействии в твердой фазе, определение температуры начала карбидообразования.
9. Термодинамический расчет при взаимодействии углерода с оксидно-карбидным расплавом.
10. Определение зависимости равновесной концентрации карбида кальция от температуры

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 два вопроса 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.

Рабочая программа дисциплины
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Направление подготовки
18.03.01 Химическая технология

Направленность программы бакалавриата
Химическая технология неорганических веществ

Профессиональный модуль
Химическая технология неорганических веществ

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Научные основы катализа и адсорбции» 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.....	09
4.3.1. Семинары, практические занятия	09
4.4. Самостоятельная работа.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	11
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	12
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Информационные справочные системы.....	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	13
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 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
ПК-3	готовностью использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности	Знать: свойства и назначение материалов, используемых для изготовления технологического оборудования,. Уметь: обосновать выбор материалов и оборудования для осуществления конкретных технологий процесса; Владеть: методами расчета и подбора материалов и оборудования при проектной проработке технологических схем
ПК-4	способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	Знать: функциональное назначение аппаратов и основные конструктивные особенности технологического оборудования Уметь: рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта Владеть: пакетами прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов
ПК-8	готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования	Уметь Обеспечивать безаварийное функционирование технологического оборудования
ПК-9	способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования	Владеть: навыками работы с технологическими регламентами
ПК-11	способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса	Владеть: Навыками обнаружения неисправностей в работе оборудования

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Технологическое оборудование» относится к дисциплинам профессионального модуля по выбору (Б1.В.ДВ.03.01.07). Дисциплина преподается в 8 семестре на 4 курсе.

Учебный курс «Технологическое оборудование» излагается с учетом знаний, полученных студентами в процессе изучения таких дисциплин как математика, физика, общая и неорганическая химия, физическая химия, коллоидная химия, экология, общая химическая технология и всех предшествующих дисциплин профессионального модуля «Химическая технология неорганических веществ»

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	8/ 144
Контактная работа с преподавателем:	84
занятия лекционного типа	24
занятия семинарского типа, в т.ч.	48
семинары, практические занятия	24
лабораторные работы	24
курсовое проектирование (КР или КП)	КП
КСР	12
другие виды контактной работы	–
Самостоятельная работа	60
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Зачёт, КП

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Конструкционные материалы химического машиностроения.	2	2	2	12	ПК-3 ПК-4
2.	Реакторы для жидкофазных процессов	4	6	8	12	ПК-3 ПК-8
3	Аппараты для сгущения и разделения суспензий	6	2	6	12	ПК-3 ПК-9

4.	Оборудование для сушки и термообработки	4	6	4	12	ПК-3 ПК-11
5.	Механическая обработка материалов	8	8	4	12	ПК-3

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	<u>Конструкционные материалы химического машиностроения.</u> Общая характеристика катализаторных производств. Основные требования к оборудованию. Черные и цветные металлы, полимерные, композиционные и минерало-силикатные материалы. Легирующие материалы, области применения легированных сталей, чугунов и металлов. Неметаллические конструктивные покрытия: неорганические коррозионно-устойчивые материалы (андезит, асбест, диабаз, базальт), кислотоупорная керамика, фарфор; вяжущие материалы, конструктивные материалы на органической основе (пластмассы, клеи, резина, битум, графит, древесина). Основные направления в области совершенствования металлических и неметаллических материалов, применяемых в химической промышленности. Характер коррозионных разрушений металлов и сплавов.	2	Компьютерная презентация
2	<u>Реакторы для жидкофазных процессов.</u> Емкостные аппараты, теплообменные устройства, оборудование для перемешивания. Реакторы периодического действия. Гидравлические, вибрационные (колебательные) и пневматические перемешивающие устройства. Элементы технологического и теплотехнического расчета реакторов периодического действия с мешалками. Обобщенный экономический критерий эффективности применения реактора периодического действия	4	Компьютерная презентация
3	<u>Аппараты для сгущения и разделения суспензий.</u> Отстойники, гидроциклоны, фильтры, центрифуги. Промывка, пропитка. Операции сгущения, разделения суспензий, промывки осадков в катализаторных производствах. Репульпационная промывка. Промывка фильтрованием и во взвешенном состоянии. Пути повышения эффективности промывки. Практика непрерывного отмывания сгущенных мелкозернистых алюмосиликатных суспензий и конструкция многоступенчатого аппарата динамического действия. Применение центрифуг для отмывки. Применение гидроциклонов для классификации	6	Компьютерная презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	суспензий.		
4	<p>Оборудование для сушки и термообработки Общие сведения об оборудовании для сушки и термообработки катализаторов. Области применения сушилок разных конструкций. Анализ работы распылительных сушилок и сушилок с кипящим слоем. Радиационно-конвективные сушилки. Рекомендации по расчету сушилок. Основные конструкции прокаленных печей. Шахтные прокалочные печи. Анализ их работы. Печи КС с радиационно-конвективным нагревом слоя. Вспомогательное оборудование сушильных установок. Воздухоподогреватели, топки. Последовательность полного расчета прокалочных печей и установок.</p>	4	Компьютерная презентация
5	<p>Механическая обработка материалов Хранение, транспортирование, дробление, измельчение, классификация, питание, дозирование, смешение, формование. Представление об оборудовании складов. Общие сведения о механических процессах в производстве катализаторов. Основные конструкции питателей и дозаторов. Их роль в обеспечении надежности работы оборудования. Конструкции затворов. Смесители. Конструкции и анализ работы смесителей периодического и непрерывного действия. Щековые и валковые дробилки. Рациональные режимы их работы. Устройство основных типов шаровых мельниц. Мельницы для сверхтонкого измельчения. Схемы работы струйных мельниц. Устройства для формования и гранулирования. Тарельчатые грануляторы. Шарикоделательные машины. Подготовка порошков для таблетирования. Конструкции уплотнителей-грануляторов. Устройство шнековых прессов для формования цилиндрических гранул. Применение вакуумирования при экструзионном формовании. Виды прессования. Основные типы таблеточных машин. Кривошипно-шатунные таблеточные машины. Перспективы применения гидравлических таблеточных машин для формования блочных катализаторов. Устройства для подготовки каркасных катализаторов.</p>	8	Компьютерная презентация

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Расчёт механической прочности материала	2	-
2	Расчет нестационарного реактора с мешалкой на примере жидкофазного процесса получения катализатора методом осаждения	6	Компьютерная симуляция
3	Расчет размеров отстойника	2	-
4	Расчет сушильного аппарата «кипящего слоя»	6	Компьютерная симуляция
5	Ориентировочные расчеты производительности различных типов машин для измельчения и классификации материалов	4	-
5	Расчет производительности пресса для формования катализаторных паст	4	-

4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Определение прочности конструкционных материалов на истирание	2	-
2	Исследование процесса синтеза гидроксида железа, объема и числа реакторов в каскаде реакторов с мешалкой	8	Компьютерная симуляция
3	Исследование процессов разделения суспензий	6	-
4	Исследование процесса сушки материала	4	-
5	Исследование процесса таблетирования гранул катализатора	4	-

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Легирующие материалы, области применения легированных сталей, чугунов и металлов.	6	Тест №1
1	Неметаллические конструктивные покрытия: неорганические коррозионно-устойчивые материалы. Характер коррозионных разрушений металлов и сплавов.	6	Тест №1
2	Гидравлические, вибрационные (колебательные) и пневматические перемешивающие устройства	6	Тест №2

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Элементы технологического и теплотехнического расчета реакторов периодического действия с мешалками.	6	Тест №2
3	Рефульпационная промывка. Промывка фильтрованием и во взвешенном состоянии.	6	Тест №3
3	Пути повышения эффективности промывки. Практика непрерывного отмывания сгущенных мелкодисперсных алюмосиликатных суспензий и конструкция многоступенчатого аппарата динамического действия. Применение центрифуг для отмывки. Применение гидроциклонов для классификации суспензий.	6	Тест №3
4	Радиационно-конвективные сушилки. Рекомендации по расчету сушилок. Основные конструкции прокаленных печей.	6	Тест №4
4	Шахтные прокалочные печи. Анализ их работы. Печи КС с радиационно-конвективным нагревом слоя. Вспомогательное оборудование сушильных установок. Оздухоподогреватели, топки. Последовательность полного расчета прокалочных печей и установок.	6	Тест №4
5	Перспективы применения гидравлических таблеточных машин для формования блочных катализаторов. Устройства для подготовки каркасных катализаторов.	6	Тест №5
5	Применение вакуумирования при экструзионном формовании. Виды прессования. Основные типы таблеточных машин. Кривошипно-шатунные таблеточные машины.	6	Тест №5

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 зачета (8 семестр).

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

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и, вопрос, направленный на проверку умений и навыков.

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

Пример вариант вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Классификация конструкций печей
2. Нарисуйте эскиз прокалочной печи с конвективно – радиационным нагревом кипящего слоя

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

а) основная литература:

1. Поникаров, И. И. Конструирование и расчет элементов химического оборудования: Учебник для вузов по спец. 240801 "Машины и аппараты химических производств" и 130603 "Оборудование нефтегазопереработки" / И. И. Поникаров, С. И. Поникаров. – М.: Альфа-М, 2010. – 379 с.
2. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи: Учебное пособие для вузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В. В. Зобнин; под ред. М. Ф. Михалева. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Арис, 2010. - 309 с
3. Оборудование химических производств. Атлас конструкций [Текст]: учебное пособие для вузов по спец. "Машины и аппараты химических производств" направления подготовки "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" / А. И. Леонтьева, Н. П. Утробин, К. В. Брянкин, В. С. Орехов. - М. : КолосС, 2009. - 176 с
4. Луцко, Ф. Н. Атлас оборудования катализаторных производств: методические указания / Ф. Н. Луцко ; СПбГТИ(ТУ). Каф. технологии катализаторов. - СПб. : [б. и.], 2010. - 159 с.
5. Луцко, Ф. Н. Атлас вспомогательного оборудования катализаторных производств: методические указания / Ф. Н. Луцко ; СПбГТИ(ТУ). Каф. технологии катализаторов. - СПб. : [б. и.], 2011. - 67 с.
6. Правдин, Н. Н. Основы проектирования и оборудование. Базовый курс: Учебное пособие для заочной формы обучения специальности "Химическая технология неорганических веществ" / Н. Н. Правдин, А. К. Хомич, М. А. Шапкин ; СПбГТИ(ТУ). Каф. технологии неорган. веществ и хим. удобрений. - СПб. : [б. и.], 2010. - 103 с

б) дополнительная литература:

1. Луцко, Ф. Н. Химико-технологические расчеты с применением *MathCAD* : учебное пособие / Ф. Н. Луцко, В. Е. Сороко, А.Н. Прокопенко. – СПб : СПбГТИ(ТУ), 2006. – 456 с.
2. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов. Издание 12-ое, стер. дораб. / А. Г. Касаткин. М. : Альянс, 2005. – 750 с.

в) вспомогательная литература:

1. Технология катализаторов / И. П. Мухленов и [др.] ; под ред. И. П. Мухленова. – 3-е изд., перераб. – Л. : Химия, 1989. – 272 с.

2. Карелин, В. Я. Насосы и насосные станции : учеб. для вузов / В. Я. Карелин, А. В. Минаев ; – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1986. – 320 с.
3. Поникаров, И. И. Машины и аппараты химических производств : учебник / И. И. Поникаров [и др.] ; – М. : Машиностроение, 1989. – 368 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 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 016-2014. КС УКДВ. 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 с использованием системы Moodle.

взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

10.2. Программное обеспечение.

Пакеты прикладных программ стандартного набора (Libre Office, MathCAD);

10.3. Информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-плюс»

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 отдельный сервер, подключенный к сети института.

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

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный 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 «Технологическое оборудование»

7. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ПК-3	готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности	промежуточный
ПК-4	способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	промежуточный
ПК-8	готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования	промежуточный
ПК-9	способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования	промежуточный
ПК-11	способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса	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 свойства и назначение материалов, используемых для изготовления технологического оборудования	Правильные ответы на вопросы №1-39 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-3
	Знает функциональное назначение аппаратов и основные конструктивные особенности	Правильные ответы на вопросы №40-46 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-4

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	технологического оборудования		
Освоение раздела №2	Умеет обосновать выбор материалов и оборудования для осуществления конкретных технологий процесса	Правильные ответы на вопросы №1-39 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-3
	Умеет обеспечивать безаварийное функционирование технологического оборудования	Правильные ответы на вопросы №47-75 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-8
Освоение раздела № 3	Владеет методами расчета и подбора материалов и оборудования при проектной проработке технологических схем	Правильные ответы на вопросы №1-39 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-3
	Владеет навыками работы с технологическими регламентами	Правильные ответы на вопросы №76-86 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-9
Освоение раздела №4	Владеет методами расчета и подбора материалов и оборудования при проектной проработке технологических схем	Правильные ответы на вопросы №1-39 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-3
	Владеет навыками обнаружения неисправностей в работе оборудования	Правильные ответы на вопросы №47-75 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-11
Освоение раздела № 5	Владеет методами расчета и подбора материалов и оборудования при проектной проработке технологических схем	Правильные ответы на вопросы №1-39 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-3
	Умеет рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему	Правильные ответы на вопросы №40-46 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-4

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	производства заданного продукта.		
	Владеет пакетами прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов	Правильные ответы на вопросы №40-46 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-4

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачёта, результат оценивания – «зачтено», «не зачтено», защиты курсового проекта, результат оценивания – балльная система

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

3.1. Типовые контрольные вопросы к зачёту:

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

1. Перечислите (укрупнено) основные группы материалов, используемых в химическом машиностроении:
2. Перечислите основные группы материалов на основе металлов:
3. Перечислите основные группы материалов на основе сплава железа и углерода:
4. Перечислите (укрупнённо) основные группы сталей:
5. Приведите примеры маркировки сталей обыкновенного качества:
6. Каков приблизительно предел прочности стали марки Ст4:
7. Какую марку стали из предложенных двух следует выбрать для ответственного узла оборудования:
 1. Ст3кп
 2. Ст3сп
8. Приведите примеры маркировки сталей качественных углеродистых конструкционных:
9. Что означают цифры в маркировке сталей качественных углеродистых конструкционных:
10. Каково содержание легирующих компонентов в низколегированных сталях:
11. Каково содержание легирующих компонентов в среднелегированных сталях:
12. Каково содержание легирующих компонентов в высоколегированных сталях:
13. Нержавеющими сталями называются стали, содержащие минимум_
14. Приведите примеры маркировки легированных сталей:
15. Каким индексом в маркировке отмечают особо качественные марки легированных сталей:
16. Установите соответствие легирующего компонента и его обозначениям в маркировке легированной стали:

1	Вольфрам	Н
2	Марганец	Р
3	Медь	Г
4	Молибден	Т
5	Никель	М
6	Бор	Д
7	Кремний	Ю

8	Титан	Ф
9	Хром	Х
10	Ванадий	В
11	Алюминий	С

ОТВЕТ:

№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
буква											

17. Установите соответствие уровня химической стойкости материала значению скорости годовой коррозии, мм/год:

1	вполне стойкие «В»	А	до 1
2	стойкие «Х»	Б	свыше 3
3	относительно стойкие «О»	В	до 0,1
4	Нестойкие «Н»	Г	до 3

ОТВЕТ:

№№	1	2	3	4
буква				

18. Перечислите основные виды чугуна и примеры их маркировки:

19. Установите соответствие формы углерода в чугуне от его вида:

1	Белый чугун	А	шаровидный графит
2	Серый чугун	Б	пластинчатый графит
3	Высокопрочный чугун	В	хлопьевидный графит
4	Ковкий чугун	Г	карбид

ОТВЕТ:

№№	1	2	3	4
буква				

20. Применение какого цветного металла или его сплавов увеличивает срок эксплуатации химического оборудования в 10 – 20 раз?

21. Перечислите (укрупнено) основные группы неметаллических материалов, используемых в химическом машиностроении:

22. Перечислите основные исключительные преимущества пластмасс по сравнению с другими известными материалами

23. Полимерные материалы делятся по отношению к возможности механической обработки при нагревании на

24. Назовите термопластичный материал, обладающий наилучшей химической стойкостью и термической устойчивостью

25. В зависимости от свойств и вида наполнителя отверждающиеся пластмассы подразделяются на

26. Фенопласты имеют полимерной матрицей

1. Фенопласты с порошковым наполнителем подразделяются на

27. Фенопласты с порошковым наполнителем подразделяются на

28. Карболиты имеют наполнителем

29. Фаолиты имеют наполнителем

30. Волокниты армируются

31. Слоистые пластики армируются
2. Гетинакс армируются
33. Текстолит армируются
- 3 Паронит имеет матрицей
35. Минерало-силикатные материалы, которые используются для футеровки аппаратов
4. Динас состоит из
37. Динас работает огнеупором до температур
5. Шамот состоит из
39. Шамот работает огнеупором до температур

б) Вопросы и для оценки сформированности элементов компетенции ПК-4:

40. Реакторы периодического действия для проведения жидкофазных процессов. Расчет реакторов
41. Реакторы периодического действия для проведения жидкофазных процессов. Механические, гидравлические и пневматические перемешивающие устройства, их роль в технологическом процессе.
42. Реакторы периодического действия для проведения жидкофазных процессов. Внешний и внутренний теплообмен
43. Аппараты полунепрерывного и непрерывного действия, работающие в режиме вытеснения. Расчет необходимого времени пребывания реагентов.
44. Реакторы для жидкофазных процессов непрерывного действия, работающие в режиме смешения. Расчет необходимого времени пребывания реагентов.
45. Реакторы для проведения процессов выщелачивания и пропитки, работающие в режиме смешения. Расчет проскока непрореагировавшей твердой фазы.
46. Сравнение интенсивности проведения процессов в реакторах периодического и непрерывного действия в режиме вытеснения и смешения.

в) Вопросы и для оценки сформированности элементов компетенции, ПК-8, ПК-11:

47. Отстойники периодического и непрерывного действия. Принцип расчета.
48. Сгущение суспензий в гидроциклонах. Расчет необходимой мощности для работы гидроциклонов
49. Принципы выбора фильтров и основные конструкции фильтров периодического действия. Основы расчета фильтров.
50. Принципы выбора фильтров и основные конструкции фильтров непрерывного действия. Производительность и пути интенсификации.
51. Выбор конструкции сушилок для различных материалов. Способы интенсификации сушки.
52. Распылительные сушилки и сушилки с кипящим слоем. Приемы интенсификации сушки. Рекомендации по расчету сушилок.
53. Конструкции и область применения барабанных и туннельных сушилок. Рекомендации по расчету сушилок.
54. Конструкции и область применения камерных, ленточных и шахтных сушилок. Рекомендации по расчету сушилок.
55. Сушилки с кипящим слоем. Область применения, рекомендации по расчету.
56. Шахтные и камерные и туннельные прокалочные печи.
57. Печи с кипящим слоем. Радиационно-конвективным нагрев кипящего слоя.
58. Основные конструкции питателей и дозаторов. Их роль в обеспечении надежности работы оборудования. Оценка объемной и массовой подачи реагентов.
59. Аппараты для смешения сыпучих материалов. Экспериментальные методы оценки качества смешения.
60. Основные конструкции и анализ работы барабанных смесителей периодического и непрерывного действия.

22. Основные конструкции и анализ работы барабанных смесителей периодического и непрерывного действия.
61. Лопастные и шнековые смесители периодического и непрерывного действия.
63. Смесители с кипящим слоем. Комбинированные смесители.
64. Лотковые и бункерные усреднители.
65. Щековые и валковые дробилки. Область применения и оценка производительности.
66. Шаровые и вибрационные мельницы. Оценка оптимальной частоты. Струйные мельницы.
67. Машины для классификации сыпучих материалов. Грохоты, бураты. Классификаторы с фонтанирующим и кипящим слоем.
68. Устройства и машины для грануляции материалов. Тарельчатые грануляторы.
69. Шнековые экструдеры для грануляции.
70. Таблетирование и кривошипно-шатунные таблеточные машины.
71. Роторные таблеточные машины. Гидравлическое прессование.
72. Гранулирование порошкообразных материалов в присутствии растворов и расплавов.
73. Гранулирование расплавов. Грануляционные башни.
74. Поршневые, плунжерные и шестеренчатые насосы. Область применения и характеристики.
75. Основные характеристики и устройство центробежных насосов.

в) Вопросы и для оценки сформированности элементов компетенции, ПК-9:

76. Укажите (поставив № по порядку) правильную последовательность этапов проектирования:

- _____ – технический проект
- _____ – рабочая конструкторская документация
- _____ – техническое задание
- _____ – эскизный проект

77. Какой объем производства катализатора считается малотоннажным?
78. Какой объем производства катализатора считается среднетоннажным?
79. Какой объем производства катализатора считается крупнотоннажным?
80. Особенность катализаторных производств состоит в том, что:
81. Прочность это
82. Упругость это
83. Пластичность это
84. Твердость это
85. Усталость это
86. Механическое напряжение это

3.2. Примерные темы курсовых проектов (ПК-3, ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-11):

- 1.Обоснование выбора технологического оборудования участка по производству оксида кобальта.
- 2.Обоснование выбора технологического оборудования участка по производству оксида марганца
- 3.Обоснование выбора технологического оборудования участка по производству катализатора ПКМА
- 4.Обоснование выбора технологического оборудования участка по производству блочного катализатора ОВ-1
- 5.Обоснование выбора технологического оборудования участка по производству глинозёма по методу Байера.
- 6.Обоснование выбора технологического оборудования цеха по производству диоксида титана
- 7.Обоснование выбора технологического оборудования цеха по производству двойного суперфосфата.

- 8.Обоснование выбора технологического оборудования цеха по производству пористой аммиачной селитры.
- 9.Обоснование выбора технологического оборудования участка по производству катализатора конверсии углеводородов.
- 10.Обоснование выбора технологического оборудования участка по производству катализатора конверсии оксида углерода

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета, студент получает три вопроса 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.