

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 12.09.2021 20:36:55  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84

**Рабочая программа дисциплины**  
**ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ**  
**И СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки

**18.03.01 Химическая технология**

Направленность образовательной программы

**Химическая технология неорганических веществ**

Профессиональный модуль

**Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчики		профессор А.С. Брыков

Рабочая программа дисциплины «Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» обсуждена на заседании кафедры химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов протокол от 06 марта 2018 № 3

Заведующий кафедрой

И.Б. Пантелеев

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов протокол от 15 марта 2018 № 6

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 .....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	5
3. Объем дисциплины.....	5
4. Содержание дисциплины.....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	6
4.2. Занятия лекционного типа .....	6
4.3. Занятия семинарского типа .....	10
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	10
4.3.2. Лабораторные занятия .....	10
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	12
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	13
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	13
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	14
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	14
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	15
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	16
10.1. Информационные технологии.....	16
10.2. Программное обеспечение.....	16
10.3. Информационные справочные системы.....	16
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	16
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	16
Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	17

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

Для получения планируемых результатов освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся в соответствии с ФГОС ВО по направлению «Химическая технология» (18.03.01) (Утв. Приказом Минобрнауки России от 11.08.2016 № 1005) должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ОПК-3</b>	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><b>Знать:</b> основные виды силикатных и алюмосиликатных структур, закономерности их формирования, физико-химические свойства.</p> <p><b>Уметь:</b> использовать диаграммы состояния для расчета физико-химических и технологических процессов с участием ТНиСМ, а также для интерпретации получаемых результатов.</p> <p><b>Владеть:</b> методами термодинамических расчетов для установления возможности протекания процессов с участием ТНиСМ, для оценки тепловых эффектов превращений</p>
<b>ПК-16</b>	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><b>Знать:</b> основные закономерности твердофазных превращений и спекания с участием ТНиСМ.</p> <p><b>Уметь:</b> применять уравнения кинетики твердофазных процессов в конкретных прикладных задачах.</p> <p><b>Владеть:</b> методами физико-химического анализа для исследования физико-химических превращений с участием ТНиСМ.</p>
<b>ПК-19</b>	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	<p><b>Знать:</b> основы физико-химических методов анализа состава и структуры ТНиСМ, устройства и принцип работы соответствующего лабораторного оборудования</p> <p><b>Уметь:</b></p>

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
	выходящих за пределы компетентности конкретного направления	обрабатывать и интерпретировать результаты, полученных с помощью различных физических и химических методов анализа ТНиСМ <b>Владеть:</b> навыками работы с лабораторным оборудованием для анализа состава и строения различных классов ТНиСМ и других материалов

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к профессиональному модулю по выбору Б1.В.ДВ.03.02 «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов», является обязательной (Б1.В.ДВ.03.02.01) и изучается на 3 курсе обучения (5 и 6 семестры).

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных при изучении курсов "Общая и неорганическая химия", "Процессы и аппараты химической технологии", "Физика", "Математика", "Материаловедение".

Компетенции, приобретенные в результате освоения дисциплины, будут использованы при выполнении и защите выпускной квалификационной работы, при решении научно-исследовательских, проектно-конструкторских, производственно-технологических задач.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц / академических часов)	<b>10/360</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>190</b>
занятия лекционного типа	68 (36+32)
занятия семинарского типа, в т.ч.	100
семинары, практические занятия	16 (0+16)
лабораторные работы	84 (36+48)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	22 (6+16)
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	134 (66+68)
<b>Формы текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	За (5 семестр); Экз, За, КР (6 семестр) – 36 (0+36)

## 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		
1	Электронное строение и химия кремния	2		8	8	ОПК-3
2	Структурные типы силикатов и алюмосиликатов	4			36	ОПК-3
3	Фазовые равновесия и диаграммы состояния	24	6	16	42	ПК-16
4	Твердофазные реакции силикатообразования	8			10	ПК-16 ПК-19
5	Термохимия силикатов и приложения химической термодинамики к силикатам	4	4			ПК-16 ПК-19
6	Водорастворимые силикаты, силикатные растворы (жидкие стекла), их свойства и значение	4		22		ПК-16 ПК-19
7	Кремнезем в высокодисперсном состоянии. Виды высокодисперсных кремнеземов, способы получения, свойства	6	2	16	12	ОПК-3
8	Слоистые и каркасные силикаты	6		14	10	ОПК-3
9	Кремнийорганические соединения	4				ОПК-3
10	Физические и физико-химические методы исследования элементного и фазового состава, структуры силикатов и алюмосиликатов.	6	4	8	16	ПК-16 ПК-19

### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<b>Электронное строение и химия кремния</b> Электронное строение. Элементарный кремний, его свойства. Бинарные соединения кремния. Химическая связь Si-O и Si-O-Si, причины ее химической устойчивости.	2	Лекция-беседа
2	<b>Структурные типы силикатов и алюмосиликатов</b> Структура кристаллических силикатов - островные,	4	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	цепочечные, ленточные, слоистые и каркасные силикаты. Химическая связь металлов в силикатах. Координационное состояние кремния и алюминия в силикатах и алюмосиликатах. Основные правила построения ионно-ковалентных структур. Применение правил Полинга к силикатным и алюмосиликатным структурам.		
3	<p><b>Фазовые равновесия и диаграммы состояния</b></p> <p>Система. Параметры системы. Фаза. Независимые компоненты. Термодинамическое равновесие. Степени свободы. Правило фаз Гиббса. Общие сведения и диаграмма состояния.</p> <p>Диаграмма состояния однокомпонентной системы с соединением, имеющим полиморфные модификации. Диаграмма состояния системы SiO<sub>2</sub>. Характеристика полиморфных модификаций в системе SiO<sub>2</sub>. Области стабильного и метастабильного существования полиморфов кремнезема.</p> <p>Диаграммы состояния Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, ZrO<sub>2</sub>.</p> <p>Метод изображения двухкомпонентных систем. Правила работы с диаграммами. Диаграмма состояний системы с одной эвтектикой. Диаграмма состояния системы с химическим соединением, плавящимся конгруэнтно, инконгруэнтно. Диаграмма состояний систем с полиморфными превращениями, образованием твердых растворов, ликвацией.</p> <p>Двухкомпонентные системы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>, MgO-SiO<sub>2</sub>, MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – значение в технологии огнеупоров и керамики. Строение и свойства силикатов магния.</p> <p>Двухкомпонентные системы CaO-SiO<sub>2</sub> и CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Структура силикатов и алюминатов кальция и их свойства. Взаимодействие силикатов и алюминатов кальция с водой и образуемые продукты. Значение диаграммы в технологии портландских и алюминатных (глиноземистых и высокоглиноземистых) и цементов.</p> <p>Метод изображения трехкомпонентных систем. Правила работы с диаграммами. Основные типы диаграмм состояния трехкомпонентных систем. Диаграмма состояния с одной тройной эвтектикой. Диаграмма состояния системы с двойным (тройным) соединением, плавящимся конгруэнтно (инконгруэнтно).</p> <p>Трехкомпонентные системы MgO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO-MgO-SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O-CaO-SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>.</p> <p>Тройные соединения, их свойства, техническое значение в высокотемпературных процессах, в технологии стекла, огнеупоров, керамики.</p> <p>Тройные соединения в системе CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Их структура, свойства, техническое значение. Значение диаграммы в технологии портландского и алюминатного цементов. Области составов техногенных продуктов, лежащие в поле диаграммы.</p>	24	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>Четырехкомпонентные системы. Метод изображения, правила работы с диаграммами. Система <math>\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3</math>, ее значение в технологии портландского цемента. Понятие коэффициента насыщения (КН). Вывод формулы КН на основании фазовой диаграммы. Фазы портландцементного клинкера. Их структура, свойства, взаимодействие с водой.</p>		
4	<p><b>Твердофазные реакции силикатообразования</b>  Виды дефектов структуры. Точечные дефекты, их энергия образования и содержание в кристаллической структуре; влияние температуры.  Твердофазные реакции силикатообразования. Диффузионный перенос вещества посредством точечных дефектов структуры как механизм твердофазных превращений. Виды диффузии. Влияние температуры на скорость диффузии.  Кинетика твердофазных превращений. Образование продукта твердофазной реакции на границе раздела фаз. Уравнение Яндера и другие уравнения кинетики твердофазных реакций. Влияние отдельных факторов на скорость твердофазных реакций. Ступенчатость твердофазных реакций силикатообразования. Основные закономерности, влияющие на последовательность образования силикатов.  Физико-химические основы спекательных процессов. Движущая сила спекательных процессов. Твердофазное и жидкофазное спекание.  Стадии твердофазного спекания. Механизмы переноса вещества при спекании. Причины развития усадочных процессов. Значение формулы Томсона-Кельвина в объяснении самопроизвольного заполнения порового пространства веществом.  Жидкофазное спекание. Роль жидкости в процессах спекания и химических превращениях, сопровождающих спекание. Явление смачивания и формула Лапласа.</p>	8	Лекция-беседа
5	<p><b>Термохимия силикатов и приложения химической термодинамики к силикатам</b>  Первый закон термодинамики. Закон Гесса. Теплоты образования соединений, плавления, кристаллизации, растворения, гидратации, полиморфных превращений. Второй закон термодинамики. Энергия Гиббса</p>	4	Лекция-беседа
6	<p><b>Водорастворимые силикаты, силикатные растворы (жидкие стекла), их свойства и значение</b>  Диаграмма состояния <math>\text{Na}_2\text{O-SiO}_2</math>. Область</p>	4	Лекция-беседа



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>стеклообразования в системе <math>\text{Na}_2\text{O-SiO}_2</math>. Свойства стеклообразных силикатов натрия и калия, физико-химический процесс их растворения в воде и полимерное состояние силикат-ионов в водных растворах; процессы полимеризации и деполимеризации в силикатных растворах, факторы, влияющие на процессы полимеризации и деполимеризации. Характеристики силикатных растворов (жидких стекол) – силикатный модуль, концентрация, плотность, вязкость.</p>		
7	<p><b>Кремнезем в высокодисперсном состоянии</b>  Виды высокодисперсных кремнеземов, способы получения, свойства. Высокодисперсное состояние кремнезема, характеристики частиц кремнезема – плотность, дисперсность, удельная поверхность.  Образование нанодисперсных частиц кремнезема и способы их агрегации в водных средах. Золи, гели, порошки кремнезема – условия их формирования, структура и свойства. Схема Айлера.  Высокомодульные силикатные растворы. Полисиликатные растворы. Применение.</p>	6	Лекция-беседа
8	<p><b>Слоистые и каркасные силикаты</b>  Строение слоистых силикатов и алюмосиликатов. Классификация. Диоктаэдрические и триоктаэдрические структуры 1:1, 2:1. Образование двух- и трехслойных пакетов, стехиометрия. Основные представители, их физико-химические свойства.  Глины. Их фазово-минералогический состав, свойства, техническое значение. Мономинеральные и полиминеральные глины. Минералы каолинит и монтмориллонит, их строение и состав. Свойства мономинеральных глин и их применения.  Термическая деструкция каолинита. Значение продуктов деструкции для техники и промышленности. Метакаолин – состав, свойства, применение.  Гидрослюды. Структура, свойства, техническое значение. Керамзит. Глауконит – структура, свойства, применение.  Природные и синтетические каркасные алюмосиликаты. Особенности структуры каркасных силикатов и алюмосиликатов. Синтетические алюмосиликаты.</p>	6	Лекция-беседа
9	<p><b>Кремнийорганические соединения</b>  Силан, замещенные силаны. Алкил-галогенсиланы. Эфиры ортокремниевой кислоты. Полиорганосилоксаны.</p>	4	Лекция-беседа
10	<p><b>Физические и физико-химические методы исследования элементного и фазового состава, структуры силикатов и алюмосиликатов</b>  Спектральные методы анализа. Атомная и молекулярная спектроскопия. Дифракционные методы.</p>	6	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Ядерно-магнитный резонанс. Электронная микроскопия. Лазерная гранулометрия.		

### 4.3. Занятия семинарского типа

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	<b>Двухкомпонентные диаграммы</b> Технические расчеты на основе двухкомпонентных фазовых диаграмм. Определение фазового состояния многокомпонентной системы заданного химического состава при заданной температуре.	2	Расчетная работа
3	<b>Трехкомпонентные диаграммы</b> Технические расчеты на основе трехкомпонентных фазовых диаграмм. Определение фазового состояния многокомпонентной системы заданного химического состава при заданной температуре.	4	Расчетная работа
4	<b>Термохимия производства SiТНМ</b> Прикладные термохимические расчеты в технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов	4	Расчетная работа
7	<b>Расчет параметров высокодисперсных систем</b> Расчет характеристик высокодисперсных кремнеземсодержащих систем – удельной поверхности, размера, количества частиц SiO <sub>2</sub> .	2	Расчетная работа
10	<b>Физико-химические методы исследования SiТНМ</b> Интерпретация результатов физико-химических методов анализа силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.	4	Расчетная работа

#### 4.3.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
1	<b>Получение кремния и определение его плотности</b> Синтез кремния осуществляют восстановлением SiO <sub>2</sub> порошком магния при нагреве; идентификация кремния осуществляется методом рентгеновской дифракции; определение плотности выполняется пикнометрическим методом	8	
3	<b>Синтез муллита</b> Получение муллита высокотемпературным синтезом из смеси аморфного SiO <sub>2</sub> и высокодисперсного глинозема; идентификация продукта по плотности, показателям преломления, рентгенографическим данным	8	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
3	<p><b>Синтез двухкальциевого силиката и исследование продуктов его гидратации</b>  Двухкальциевый силикат синтезируют высокотемпературным обжигом смеси тонкоизмельченных карбоната кальция и диоксида кремния; полученный материал и продукт его гидратации исследуют с помощью электронного микроскопа</p>	8	
6	<p><b>Определение содержания компонентов Na<sub>2</sub>O и SiO<sub>2</sub> в растворе силиката натрия</b>  Определение содержания Na<sub>2</sub>O титрованием навески раствора 0,1M HCl, содержания SiO<sub>2</sub> – титрованием 1M HCl в присутствии NaF; расчет силикатного модуля жидкого стекла</p>	6	
6	<p><b>Синтез растворимого стекла и исследование процесса его растворения</b>  Получение натриево-силикатного низкомолекулярного стекла сплавлением соды и тонкомолотого кварца, измельчение продукта в порошок и определение кинетики его растворения титриметрическим методом</p>	8	
6	<p><b>Вязущие и пленкообразующие свойства силикатных растворов</b>  Формирование кислотоупорного и жароупорного силикатного камня, силикатных покрытий из композиций на основе водных силикатных растворов, заполнителей и ускорителей полимеризации и исследование их свойств</p>	8	
7	<p><b>Синтез кремнегеля и исследование его сорбционных свойств</b>  Синтез кремнегеля осуществляется кислотной нейтрализацией раствора силиката натрия, промывкой, сушкой и прокаливанием полученного продукта с последующим измельчением; подтверждение сорбционной способности кремнегеля по обесцвечиванию водного раствора красителя</p>	8	
7	<p><b>Исследование характеристик высокодисперсных форм кремнезема</b>  Сравнительное исследование характеристик кристаллических и аморфных форм кремнезема различной дисперсности: насыпной и истинной плотности, удельной поверхности, морфологии и размера частиц</p>	8	
8	<p><b>Получение метакаолина и исследование его пуццолановой активности</b>  Получение метакаолина обжигом каолина и сравнение реакционной активности метакаолина и каолина по связыванию ионов кальция из насыщенного раствора Ca(OH)<sub>2</sub>; исследование влияния температуры и продолжительности обжига на активность метакаолина</p>	8	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
8	<b>Сравнительное исследование набухаемости и сорбционной емкости слоистых алюмосиликатов – каолина и бентонита</b> Оценка набухаемости слоистых алюмосиликатов по увеличению объема навески материала в цилиндре с водой; сравнительная оценка сорбционной способности по обесцвечиванию водного раствора красителя	6	
10	<b>Термогравиметрический анализ в исследовании силикатных материалов</b> Исследование термических превращений каолина, монтмориллонита и вермикулита с помощью термогравиметрического и дифференциально-термического анализа; количественная обработка термограмм	8	

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Роль кремния, кремнийсодержащих соединений и силикатов в биосфере	8	Устный опрос
2	Силикаты в стеклообразном состоянии. Особенности стеклообразного состояния. Условия стеклообразования. Строение и свойства стекла. Значение стекла в технологии силикатных материалов	10	Устный опрос
2	Расплавы силикатов. Плавление. Значение расплавов в технологии силикатных материалов.	8	Устный опрос
2	Геологическое образование силикатных и алюмосиликатных минералов и горных пород; их нахождение в природе и виды в зависимости от происхождения.	10	Устный опрос
2	Электрофизические свойства силикатов, силикатных стекол и кристаллических диэлектриков	8	Устный опрос
3	Образование силикатных и алюмосиликатных минералов в результате остывания магмы. Ряд Боуэна.	8	Устный опрос
3	Образование минералов портландцементного клинкера в процессе спекания (клинкeroобразование)	10	Устный опрос
3	Процессы, лежащие в основе твердения и набора прочности портландского цемента. Образование кальцево-силикатного гидрогеля как продукта гидратации высокоосновных силикатов кальция, его морфология, состав, структура, свойства.	12	Устный опрос
3	Алюмо- и кремнеземсодержащие техногенные материалы и промышленные отходы: золы, шлаки, шламы.	12	Устный опрос
4	Механизмы переосаждения вещества. Зависимость давления насыщенного пара от размера частиц. Формула Томсона-Кельвина. Зависимость растворимости частиц от их размера. Формула Гиббса-Томсона-Оствальда.	10	Устный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
7	Химия поверхности частиц кремнезема. Гидрофильные и гидрофобные покрытия. Алюмосиликатные поверхности.	12	Устный опрос
8	Реологические свойства глинистых суспензий и других высокодисперсных кремнеземсодержащих и алюмосиликатных водных систем	10	Устный опрос
10	Термогравиметрический и дифференциально-термический анализ в исследовании тугоплавких неметаллических и силикатных материалов	16	Устный 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.technology.edu.ru>

### 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («зачтено») 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 конце 5 семестра в виде зачета в устной форме и в конце 6 семестра в виде КР, а также зачета и экзамена в устной форме. Зачет получают студенты, выполнившие все лабораторные работы, сдавшие и защитившие отчеты по ним, и выполнившие расчетные задания. Экзамен предусматривает проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

КР необходимо оформить согласно СТП СПбГТИ(ТУ) 044-2012. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования. – СПб: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 44 с.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Двухкомпонентная система <math>\text{CaO-Al}_2\text{O}_3</math>. Структура алюминатов кальция, их свойства.</li> <li>2. Водорастворимые силикаты, силикатные растворы (жидкие стекла), их свойства и значение.</li> </ol>

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

### **Основная литература**

1. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов : учеб. пособие для вузов / А. П. Зубехин [и др.]. – М.: Картэк, 2010. –307 с.
2. Федоров, Н.Ф. Лабораторный практикум по физической химии силикатов: учеб. пособие: в 3ч. / Н.Ф. Федоров, СПбГТИ(ТУ) - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб., 2009 – 2010. Ч. 1: Состояние вещества. – 2009. – 219 с. Ч.2 Фазовые равновесия в силикатных и оксидных системах, Ч. 3. Физико-химические основы синтеза силикатов и оксидов. – 2010. – 91 с.
3. Суворов, С.А. Расчетные методы определения фазового состава высокотемпературных систем. Учебное пособие / С.А. Суворов, В.Н. Фищев, Н.В. Арбузова. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2015. – 37 с. (ЭБ)
4. Пантелеев, И. Б. Теоретические основы технологии керамики [Текст]: учебное пособие / И. Б. Пантелеев, Л. В. Козловский – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 114 с. (+ЭБ)
5. Орданьян, С.С. Проектирование состава, структуры и свойств керамических конструкционных наноматериалов: учебное пособие / С.С. Орданьян, А.Е. Кравчик. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 84 с. (ЭБ)
6. Орданьян, С.С. Теоретические основы управляемого спекания наноструктурных материалов : учебное пособие / С.С. Орданьян, И.Б. Пантелеев. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2014. – 33 с. (ЭБ)
7. Жабрев, В.А. Расчет свойств силикатных стекол. Учебное пособие / В.А. Жабрев, С.В. Чуппина. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2015. – 80 с. (ЭБ)
8. Брыков, А. С. Физико-химические методы управления структурой и свойствами цементного камня: учебное пособие / А.С. Брыков. – СПбГТИ(ТУ), 2014. – 31 с. (+ЭБ)

### **Дополнительная литература**

1. Рабухин, А.И. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных соединений/ А.И. Рабухин, В. Г. Савельев. - М. : ИНФРА-М, 2004. - 303 с.
2. Бобкова, Н.М. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: учебник для вузов / Н. М. Бобкова. – Минск: Вышэйш. шк., 2007. – 301 с.
3. Поздняков, В. А. Физическое материаловедение наноструктурных материалов: Учебное пособие / В. А. Поздняков, 2007. – 423 с.
4. Русанов, А. И. Термодинамические основы механохимии / А. И. Русанов. – СПб.: Наука, 2006. – 221 с.
5. Научно-технический и производственный журнал «Огнеупоры и техническая керамика».
6. Научно-технический и производственный журнал «Цемент и его применение».
7. Научно-технический и производственный журнал «Новые огнеупоры».
8. Научно-технический и производственный журнал «Стекло и керамика».

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы - [media.technolog.edu.ru](http://media.technolog.edu.ru)
2. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
3. ЭБ «Лань» <https://e.lanbook.com/books/>
4. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет;

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

1. СТО СПбГТИ(ТУ) 026-2016. Положение о бакалавриате./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 38 с.
2. СТП СПбГТИ 040-02. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2002.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2002.- 7 с.
3. СТО СПбГТИ(ТУ) 018-2014. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2014.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 16 с.
4. СТО СПбГТИ(ТУ) 020-2011. Виды учебных занятий. Лабораторные работы. Общие требования к организации и проведению занятий./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2011.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011.- 21 с.
5. СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2012.-СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 44 с.
6. СТП СПбГТИ 048-2009. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2010.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.- 6 с.
7. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.

В ходе лекционных занятий обучающемуся необходимо готовить конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Провести проверку терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.

Аудиторная часть курса должна сопровождаться интенсивной самостоятельной работой обучающихся с рекомендованными преподавателями литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет по всем разделам дисциплины. Планирование времени для изучения дисциплины необходимо осуществлять на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо в рамках внеаудиторной самостоятельной работы регулярно дополнять сведениями из литературных источников, приведенных в разделе 7 настоящей программы. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения следующих разделов учебной дисциплины. Для расширения и углубления знаний по учебной дисциплине необходимо активно использовать информационные ресурсы сети Интернет.

Для работы на практических занятиях необходимы: проработка рабочей программы, уделив особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины, и конспектирование источников, а также изучение конспекта лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и просмотр рекомендуемой литературы.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 5 и 6 семестра в виде КР, а также зачета и экзамена в устной форме. Экзамен предусматривает проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

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

### **10.1. Информационные технологии**

Чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов, виртуальных лабораторий и баз данных.

### **10.2. Программное обеспечение**

Представление лекционного материала:

ОС семейства Microsoft Windows версией не ранее MS Windows XP SP3 или открытые операционные системы;

Пакет программ Microsoft Windows или аналогичный по функциональности, включающий текстовый и табличный процессор, программу подготовки и показа презентаций;

Программное обеспечения обработки и расшифровки рентгенограмм, такие как PDWin, SearchMath или аналогичные;

Свободно распространяемые графические растровые редакторы

### **10.3. Информационные справочные системы**

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru>)

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

Реализация программы учебной дисциплины в рамках лекционных и практических занятий не предполагает наличия специализированного учебного кабинета при условии соответствия существующих учебных кабинетов санитарным нормам, а его оборудования – изложенным ниже требованиям:

1. Учебная аудитория на 10 и более мест
2. Стационарный или переносной персональный компьютер
3. Мультимедиа-проектор
4. Стационарный или переносной проекционный экран
5. Комплект презентаций и видеофильмов по дисциплине

Для проведения лабораторных занятий используется лаборатория, оснащенная рабочими местами для обучающихся, лабораторным оборудованием и посудой, необходимыми материалами и реактивами.

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

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допущенные по медицинским показаниям к обучению по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология, изучают дисциплину в полном объеме. Учебный процесс осуществляется в соответствии с «Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ФГБОУ ВПО СПбГТИ(ТУ)», утвержденным ректором 28.08.2014.



**Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации  
по дисциплине  
«Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Компетенция</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ОПК-3</b>	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
<b>ПК-16</b>	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
<b>ПК-19</b>	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

**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 электронное строение кремния и его химические свойства; Владеет методами получения элементарного кремния и его бинарных соединений	Правильные ответы на вопросы №1-3	ОПК-3
Освоение раздела №2	Знает структурную классификацию силикатов; владеет навыками идентификации природы и структуры силикатных и тугоплавких неметаллических материалов	Правильные ответы на вопросы №4-7	ОПК-3

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 3	– знает учение о фазовых равновесиях и фазовые диаграммы состояния однокомпонентных и многокомпонентных систем;	Правильные ответы на вопросы №8-19	ОПК-3
	Умеет использовать фазовые диаграммы в расчетах технологических процессов с участием ТНиСМ	Правильные ответы на вопросы №20-25 к зачету	ПК-19
Освоение раздела №4	–понимает сущность физико-химических процессов, происходящих в смесях оксидов и бескислородных соединений при различных температурах, процессы спекания	Правильные ответы на вопросы №26-35	ПК-19
	– имеет представление о кинетических моделях твердофазных реакций, способах оценки параметров кинетических уравнений	Правильные ответы на вопросы №36-37	ПК-16
Освоение раздела № 5	Знает законы термодинамики и принципы термохимии; силикатов; умеет выполнить термодинамический расчет для химических процессов с участием ТНиСМ; оценить тепловые эффекты превращений	Правильные ответы на вопросы № 38,39	ПК-16
Освоение раздела № 6	Имеет представление о полимерном составе силикатных растворов, их свойствах, процессах их образования	Правильные ответы на вопросы №40-43	ОПК-3
	Владеет методами управления полимерным составом силикатных растворов применительно к практическим задачам	Правильные ответы на вопросы №44,45	ПК-16
Освоение раздела № 7	Знает виды высокодисперсных кремнеземов, их физические характеристики, физико-химические свойства, процессы их образования.	Правильные ответы на вопросы №46-48	ОПК-3
Освоение раздела № 8	Имеет представление о слоистых и каркасных силикатах, об их видах, составе, структуре, свойствах.	Правильные ответы на вопросы №49,50	ОПК-3
	Способен выбрать определенный вид слоистого силиката (алюмосиликата) под конкретную прикладную задачу	Правильные ответы на вопросы №51-57	ПК-16

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 9	Имеет представление о кремний-органических соединениях, их видах, способах получения, свойствах, применении.	Правильные ответы на вопросы №58-59	ОПК-3
Освоение раздела № 10	Способен применить нужные физико-химические методы в исследовании ТНиСМ и корректно интерпретировать полученные результаты	Правильные ответы на вопросы №60-64	ПК-19

Успешность усвоения дисциплины характеризуется качественной оценкой на основании таблицы оценки сформированности компетенций, включающего совокупность критериев их освоения и выражается оценкой по пятибалльной шкале.

Качество освоения дисциплины	Уровень освоения дисциплины	Отметка в 5-балльной системе	Критерии
81-100 %	высокий	отлично	Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные рабочей программой дисциплины учебные задания выполнены
66-80 %	средний	хорошо	Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные рабочей программой дисциплины учебные задания выполнены, некоторые виды заданий выполнены с ошибками
51-65 %	средний	удовлетворительно	Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки
0-50 %	ниже среднего	неудовлетворительно	Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий не выполнено, не может объяснить результаты лабораторных работ, при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**

#### **3.1 Темы курсовых работ**

1. Роль процессов выветривания и метаморфизма в образовании силикатных и алюмосиликатных минералов и пород
2. Строение и свойства силикатных расплавов.
3. Последовательность физико-химических превращений при образовании порландцементного клинкера.
4. Гидравлические свойства высококальциевых силикатов.
5. Методы химического модифицирования кремнезёмов.
6. Процесс укрупнения частиц в процессе твердофазного и жидкофазного спекания.
7. Применение модифицированных кремнезёмов в сорбции, катализе, хроматографии.
8. Коллоидные растворы кремнезёма, их получение, свойства, промышленное значение.
9. Слюда - структура, свойства, техническое значение.
10. Гидросиликаты магния – тальк и асбест. Структура, свойства, техническое значение.
11. Кремнийорганические жидкости и смолы. Получение и области применения.
12. Каркасные силикаты и алюмосиликаты, имеющие промышленное значение. Цеолиты.
13. Разновидности стекол и их техническое значение.
14. Каолинитовые и монтмориллонитовые глины, области применения.
15. Муллит - свойства, способы получения, промышленное значение.
16. Алюмомагниева шпинель - Структура, свойства, техническое значение.
17. Алюминатные цементы и их значение для огнеупорной и строительной промышленности.
18. Вермикулит и его применение.
19. Свойства и применение силикатных растворов, их вяжущие и пленкообразующие свойства.
20. Микрокремнезём и пирогенный кремнезём (аэросил). Их получение и промышленное значение.

#### **3.2 Тема курсового проекта и этапы его выполнения**

Не предусмотрено.

#### **3.3 Оценка сформированности элементов компетенции**

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

1. Кремний, его электронное строение, химические и физико-химические свойства, образование связей Si-O и Si-O-Si и причины их высокой устойчивости.
2. Координационное состояние кремния и алюминия в силикатах и алюмосиликатах. Применение правил Полинга к силикатным и алюмосиликатным структурам.
3. Диаграмма состояния  $\text{SiO}_2$ . Полиморфизм кристаллического кремнезёма.
4. Области стабильного и метастабильного существования полиморфов кремнезёма. Особенности полиморфных переходов. Значение полиморфных модификаций кремнезёма в технических приложениях.
5. Двухкомпонентная система  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ . Значение диаграммы в технологии керамики и огнеупоров. Муллит. Свойства, способы получения, промышленное значение.
6. Двухкомпонентная система  $\text{MgO}$ - $\text{SiO}_2$ . Строение и свойства силикатов магния. Значение диаграммы в технологии огнеупоров и керамики.
7. Двухкомпонентная система  $\text{MgO}$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Алюмомагниева шпинель. Структура, свойства, техническое значение. Значение диаграммы в технологии огнеупоров и керамики.
8. Двухкомпонентная система  $\text{CaO}$ - $\text{SiO}_2$ . Структура силикатов кальция и их свойства. Значение диаграммы в технологии порландского цемента.

9. Двухкомпонентная система  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ . Структура алюминатов кальция, их свойства. Значение диаграммы в технологии алюминатных (глиноземистых и высокоглиноземистых) и портландских цементов.
10. Трехкомпонентная система  $\text{MgO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Значение диаграммы в технологии огнеупоров и керамики. Тройные соединения в системе  $\text{MgO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Их свойства, техническое значение.
11. Трехкомпонентная система  $\text{CaO-MgO-SiO}_2$ . Тройные соединения в системе  $\text{CaO-MgO-SiO}_2$ . Значение диаграммы в промышленности высокотемпературных процессов. Их свойства, техническое значение.
12. Трехкомпонентная система  $\text{Na}_2\text{O-CaO-SiO}_2$ . Тройные соединения в системе  $\text{Na}_2\text{O-CaO-SiO}_2$ . Значение диаграммы в технологии стекла. Их свойства, техническое значение.
13. Трехкомпонентная система  $\text{K}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ . Значение диаграммы в технологии керамики.
14. Трехкомпонентная система  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Тройные соединения в системе  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Их структура, свойства, техническое значение. Значение диаграммы в технологии портландского и алюминатных цементов, керамики и огнеупоров.
15. Диаграмма состояния  $\text{Na}_2\text{O-SiO}_2$ . Область стеклообразования в системе  $\text{Na}_2\text{O-SiO}_2$ . Свойства стеклообразных силикатов натрия и калия.
16. Особенности растворения стеклообразных силикатов натрия и калия (водорастворимых стекол) в воде.
17. Полимерное состояние силикат-ионов в водных силикатных растворах
18. Высокодисперсное состояние кремнезема. Формы высокодисперсного кремнезема. Характеристики частиц кремнезема – плотность, дисперсность, удельная поверхность.
19. Образование нанодисперсных частиц кремнезема и способы их агрегации в водных средах. Схема Айлера. Золи, гели, порошки кремнезема – условия их формирования, структура и свойства.
20. Виды кристаллических силикатных структур – островные, цепочечные, ленточные, слоистые и каркасные силикаты.
21. Типы цепочечных и ленточных силикатных мотивов. Важнейшие представители цепочечных и ленточных силикатов.
22. Слоистые силикаты и алюмосиликаты.
23. Строение слоистых силикатов и алюмосиликатов. Классификация. Диоктаэдрические и триоктаэдрические структуры 1:1, 2:1. Образование двух- и трехслойных пакетов, стехиометрия.
24. Основные представители слоистых силикатов и алюмосиликатов, их физико-химические свойства
25. Пирогенный кремнезем (аэросил) и микрокремнезем. Их получение и промышленное значение
26. Кремнийорганические соединения – строение, свойства, практическое значение и способы получения
27. Важнейшие несиликатные соединения кремния – карбид, нитрид, силан, хлорпроизводные – их получение и свойства.
28. Полиорганосилоксаны, кремнийорганические жидкости и смолы

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

29. Кинетика твердофазных превращений. Образование продукта твердофазной реакции на границе раздела фаз. Уравнение Яндера и другие уравнения кинетики твердофазных реакций.
30. Ступенчатость твердофазных реакций силикатообразования. Основные закономерности, влияющие на последовательность образования силикатов.
31. Первый закон термодинамики. Закон Гесса. Расчет теплоты образования соединений, плавления, кристаллизации, растворения, гидратации, полиморфных превращений.

32. Второй закон термодинамики. Свободная энергия Гиббса.
33. Силикатные растворы (жидкие стекла), их свойства и значение
34. Характеристики жидких стекол – силикатный модуль, концентрация, плотность, вязкость.
35. Процессы полимеризации и деполимеризации в жидких стеклах. Способы ускорения процессов полимеризации в жидких стеклах. Вяжущие свойства и пленкообразование.
36. Изоморфизм. Изоморфное замещение кремния алюминием при образовании алюмосиликатных структур.
37. Глины. Их фазово-минералогический состав, свойства, техническое значение. Мономинеральные и полиминеральные глины.
38. Минералы каолинит и монтмориллонит, их строение и состав. Свойства мономинеральных глин и их применения.
39. Термическая деструкция каолинита. Значение продуктов деструкции для техники и промышленности. Метакаолин – состав, свойства, применение.
40. Гидросиликаты магния – тальк и асбест. Структура, свойства, техническое значение.
41. Гидрослюды. Структура, свойства, техническое значение. Вермикулит и его применение. Керамзит. Глауконит – структура, свойства, применение.
42. Слюды - структура, свойства, техническое значение.
43. Особенности структуры каркасных силикатов и алюмосиликатов. Каркасные силикаты и алюмосиликаты, имеющие промышленное значение. Синтетические алюмосиликаты.

**в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-19:**

44. Области составов техногенных продуктов, лежащие в поле диаграммы  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  (золы, шлаки).
45. Четырехкомпонентная система  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Значение диаграммы в технологии портландского цемента. Понятие коэффициента насыщения (КН).
46. Образование минералов портландцементного клинкера в процессе спекания (клинкeroобразование). Последовательность физико-химических превращений при клинкeroобразовании.
47. Фазы портландцементного клинкера. Их структура, свойства, взаимодействие с водой.
48. Взаимодействие силикатов кальция с водой и образуемые продукты.
49. Взаимодействие алюминатов кальция с водой и образуемые продукты. Области применения алюминатных цементов.
50. Твердофазные реакции силикатообразования. Виды дефектов структуры.
51. Точечные дефекты, их энергия образования и содержание в кристаллической структуре; влияние температуры.
52. Диффузионный перенос вещества посредством точечных дефектов структуры как механизм твердофазных превращений. Виды диффузии. Влияние температуры на скорость диффузии.
53. Физико-химические основы спекательных процессов. Движущая сила спекательных процессов.
54. Твердофазное и жидкофазное спекание. Стадии твердофазного спекания.
55. Механизмы переноса вещества при спекании.
56. Значение формулы Томсона-Кельвина в объяснении самопроизвольного заполнения порового пространства веществом. Причины развития усадочных процессов.
57. Жидкофазное спекание. Роль жидкости в процессах спекания и химических превращениях, сопровождающих спекание. Явление смачивания и формула Лапласа.
58. Процесс укрупнения частиц в процессе твердофазного и жидкофазного спекания. Механизмы переосаждения вещества. Зависимость давления насыщенного пара от размера частиц. Формула Томсона-Кельвина.
59. Механизмы переосаждения вещества. Зависимость растворимости частиц от их

- размера. Формула Гиббса-Томсона-Оствальда
60. Спектральные методы анализа ТНиСМ. Возможности атомной и молекулярной спектроскопии
  61. Дифракционные методы анализа в технологии ТНиСМ. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ.
  62. Спектроскопия ЯМР в исследовании силикатных и алюмосиликатных материалов. Принцип и возможности метода.
  63. Электронная микроскопия, ее возможности электронной микроскопии в исследовании ТНиСМ.
  64. Лазерно-гранулометрический анализ в установлении дисперсности частиц ТНиСМ.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего и промежуточного контроля. При сдаче экзамена, 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.**

1. Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в СПбГТИ(ТУ) (Утв. Приказом ректора СПбГТИ(ТУ) от 12.12.2014 № 463).

2. СТО СПбГТИ(ТУ) 026-2016. Положение о бакалавриате./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 38 с.

3. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.