

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 27.06.2023 13:35:57  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



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

УТВЕРЖДАЮ

Врио проректора по учебной  
и методической работе

\_\_\_\_\_ Б.В. Пекаревский

« 25 » января 2021 г.

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

Направление подготовки

**18.03.01 Химическая технология**

Направленность программы бакалавриата

**Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Заочная**

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической технологии тугоплавких неметаллических  
и силикатных материалов**

Санкт-Петербург

2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Профессор		проф. Брыков А.С.

Рабочая программа дисциплины «Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» обсуждена на заседании кафедры химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов протокол от 19 января 2021 № 4

Заведующий кафедрой

И.Б. Пантелеев

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов протокол от 21 января 2021 № 5

Председатель

С.Г. Изотова

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология»		М.В. Рутго
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		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 работы .....	10
4.4. Самостоятельная работа обучающихся .....	11
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.....	13
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	15
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. Базы данных и информационные справочные системы.....	16
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы .....	16
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	16
Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» .....	17

## 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:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p><b>ПК-5</b> Способен использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения научно-исследовательских, технологических и проектных задач в своей профессиональной деятельности</p>	<p><b>ПК-5.1</b> Использование знаний свойств тугоплавких неметаллических и силикатных материалов для решения научно-исследовательских и технологических задач</p>	<p><b>Знать:</b> основные химические свойства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов (ЗН-1);</p> <p><b>Уметь:</b> использовать знания свойств тугоплавких неметаллических и силикатных материалов для решения задач технологии и постановки экспериментов (У-1);</p> <p><b>Владеть:</b> навыками реализации знаний основ физической химии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов для решения научно-исследовательских и технологических задач (Н-1)</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 образовательной программы бакалавриата (Б1.В.01).

Перечень дисциплин, необходимых для изучения дисциплины «Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов»: физика, математика, общая и неорганическая химия, органическая химия, физическая химия, химические и физико-химические методы анализа. Дисциплина завершает общехимическую подготовку специалистов, создающую теоретическую базу для профильных дисциплин, изучается на третьем курсе.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>11/ 396</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>36</b>
занятия лекционного типа	12
занятия семинарского типа, в т.ч.	
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	6(2)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	16(16)
курсовое проектирование (КР)	2
КСР	–
другие виды контактной работы	–
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>347</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	5Кр
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>КР, Зачет, Экзамен (13)</b>

#### 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	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Электронное строение и химия кремния	1	-	2	40	ПК-5	ПК-5.1
2.	Структурные типы силикатов и алюмосиликатов	2	-	-	40	ПК-5	ПК-5.1
3.	Фазовые равновесия и диаграммы состояния	2	2	4	40	ПК-5	ПК-5.1
4.	Твердофазные реакции силикатообразования	1	-	-	40	ПК-5	ПК-5.1
5.	Термохимия силикатов и приложения химической термодинамики к силикатам	1	2	-	35	ПК-5	ПК-5.1
6.	Водорастворимые силикаты, силикатные растворы (жидкие стекла), их свойства и значение	1	-	4	40	ПК-5	ПК-5.1
7.	Кремнезем в высокодисперсном состоянии. Виды высокодисперсных кремнеземов, способы получения, свойства	1	1	2	40	ПК-5	ПК-5.1
8.	Слоистые и каркасные силикаты	1	-	2	36	ПК-5	ПК-5.1
9.	Кремнийорганические соединения	1	-	-	-	ПК-5	ПК-5.1
10.	Физические и физико-химические методы исследования элементного и фазового состава, структуры силикатов и алюмосиликатов.	1	1	2	36	ПК-5	ПК-5.1

##### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	Электронное строение и химия кремния. Элементарный кремний, его свойства. Бинарные соединения кремния. Химическая связь Si-O и Si-O-Si, причины ее химической устойчивости.	1	Л

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инноваци онная форма
2	Структурные типы силикатов и алюмосиликатов Структура кристаллических силикатов - островные, 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.	2	Л, ПЛ
3	<p>Фазовые равновесия и диаграммы состояния Система. Параметры системы. Фаза. Независимые компоненты. Термодинамическое равновесие. Степени свободы. Правило фаз Гиббса. Общие сведения и диаграмма состояния. 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>. 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. 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. Муллит - свойства, способы получения, промышленное значение. Строение и свойства силикатов магния. Алумомагниевая шпинель - Структура, свойства, техническое значение. 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. 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). 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>. Тройные соединения, их свойства, техническое значение в высокотемпературных процессах, в технологии стекла, огнеупоров, керамики. 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</p>	2	Л, ПЛ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инноваци онная форма
	составов техногенных продуктов, лежащие в поле диаграммы. Четырехкомпонентные системы. Метод изображения, правила работы с диаграммами. Система $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ , 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.		
4	<p>Твердофазные реакции силикатообразования. 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.</p> <p>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.</p> <p>Физико-химические основы спекательных процессов. Движущая сила спекательных процессов. Твердофазное и жидкофазное спекание.</p> <p>Стадии твердофазного спекания. Механизмы переноса вещества при спекании. Причины развития усадочных процессов. Значение формулы Томсона-Кельвина в объяснении самопроизвольного заполнения порового пространства веществом.</p> <p>Жидкофазное спекание. Роль жидкости в процессах спекания и химических превращениях, сопровождающих спекание. Явление смачивания и формула Лапласа.</p>	1	Л, ПЛ
5	<p>Термохимия силикатов и приложения химической термодинамики к силикатам.</p> <p>Первый закон термодинамики. Закон Гесса.</p>	1	Л, ПЛ
6	<p>Водорастворимые силикаты, силикатные растворы (жидкие стекла), их свойства и значение.</p> <p>Диаграмма состояния <math>\text{Na}_2\text{O-SiO}_2</math>. Область 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.</p>	1	Л, ПЛ
7	<p>Кремнезем в высокодисперсном состоянии</p> <p>Виды высокодисперсных кремнезёмов, способы получения, свойства. Высокодисперсное состояние кремнезёма, характеристики частиц кремнезёма – плотность, дисперсность,</p>	1	Л, ПЛ



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инноваци онная форма
	<p>удельная поверхность. Образование частиц кремнезема из газовой фазы – пирогенный кремнезем (аэросил), микрокремнезем. Их промышленное значение.</p> <p>Образование нанодисперсных частиц кремнезема и способы их агрегации в водных средах. Золи, гели, порошки кремнезема – условия их формирования, структура и свойства. Схема Айлера.</p> <p>Коллоидные растворы кремнезема, их получение, свойства, промышленное значение. Высокомолекулярные силикатные растворы. Полисиликатные растворы. Применение.</p>		
8	<p>Слоистые и каркасные силикаты</p> <p>Строение слоистых силикатов и алюмосиликатов.</p> <p>Классификация. Диоктаэдрические и триоктаэдрические структуры 1:1, 2:1. Образование двух- и трехслойных пакетов, стехиометрия. Основные представители, их физико-химические свойства.</p> <p>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.</p> <p>Термическая деструкция каолинита. Значение продуктов деструкции для техники и промышленности. Метакаолин – состав, свойства, применение.</p> <p>Гидрослюды. Структура, свойства, техническое значение.</p> <p>Вермикулит и его применение. Керамзит. Глауконит – структура, свойства, применение.</p> <p>Слюды - структура, свойства, техническое значение.</p> <p>Гидросиликаты магния – тальк и асбест. Структура, свойства, техническое значение.</p> <p>Природные и синтетические каркасные алюмосиликаты.</p> <p>Цеолиты. Особенности структуры каркасных силикатов и алюмосиликатов. Каркасные силикаты и алюмосиликаты, имеющие промышленное значение. Синтетические алюмосиликаты.</p>	1	Л, ПЛ
9	<p>Кремнийорганические соединения</p> <p>Силан, замещенные силаны. Алкил-галогенсиланы. Эфиры ортокремниевой кислоты. Полиорганосилоксаны.</p> <p>Кремнийорганические жидкости и смолы.</p>	1	Л, ПЛ
10	<p>Физические и физико-химические методы исследования элементного и фазового состава, структуры силикатов и алюмосиликатов.</p> <p>Спектральные методы анализа. Атомная и молекулярная спектроскопия. Дифракционные методы. Ядерно-магнитный резонанс. Электронная микроскопия. Лазерная гранулометрия</p>	1	Л, ПЛ

### 4.3. Занятия семинарского типа

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
3	Технические расчеты на основе двухкомпонентных фазовых диаграмм. Определение фазового состояния многокомпонентной системы заданного химического состава при заданной температуре.	1	1	МШ, Т
3	Технические расчеты на основе трехкомпонентных фазовых диаграмм. Определение фазового состояния многокомпонентной системы заданного химического состава при заданной температуре.	1	1	МШ, Т
5	Прикладные термохимические расчеты в технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.	1	-	МШ, Т
7	Расчет характеристик высокодисперсных кремнеземсодержащих систем – удельной поверхности, размера, количества частиц SiO <sub>2</sub> .	1	-	МШ, Т
10	Интерпретация результатов физико-химических методов анализа силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.	2	-	МШ, КрСт

#### 4.3.2. Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в том числе на практическую подготовку	
1	Получение кремния и определение его плотности (синтез кремния осуществляют восстановлением SiO <sub>2</sub> порошком магния при нагреве; идентификация кремния осуществляется методом рентгеновской дифракции; определение плотности выполняется пикнометрическим методом).	2	2	
3	Синтез муллита (получение муллита высокотемпературным синтезом из смеси аморфного SiO <sub>2</sub> и высокодисперсного глинозема; идентификация продукта по плотности, показателям преломления, рентгенографическим данным)	2	2	

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
3	Синтез двухкальциевого силиката и исследование продуктов его гидратации (двухкальциевый силикат синтезируют высокотемпературным обжигом смеси тонкоизмельченных карбоната кальция и диоксида кремния; полученный материал и продукт его гидратации исследуют с помощью электронного микроскопа)	2	2	
6	Синтез растворимого стекла и исследование процесса его растворения (получение натриево-силикатного низкомолекулярного стекла сплавлением соды и тонкомолотого кварца, измельчение продукта в порошок и определение кинетики его растворения титриметрическим методом).	4	4	
7	Синтез кремнегеля и исследование его сорбционных свойств (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).	2	2	
8	Получение метакаолина и исследование его пуццолановой активности (получение метакаолина обжигом каолина и сравнение реакционной активности метакаолина и каолина по связыванию ионов кальция из насыщенного раствора $Ca(OH)_2$ ; исследование влияния температуры и продолжительности обжига на активность метакаолина)	2	2	
10	Термогравиметрический анализ в исследовании силикатных материалов (исследование термических превращений каолина, монтмориллонита и вермикулита с помощью термогравиметрического и дифференциально-термического анализа; количественная обработка термограмм)	2	2	

#### 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	40	Контрольная работа №1
2	Силикаты в стеклообразном состоянии. Особенности стеклообразного состояния. Условия стеклообразования. Разновидности стекол. Строение и свойства стекла.	15	Контрольная работа №2

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	Значение стекла в технологии силикатных материалов		
2	Расплавы силикатов. Плавление. Строение и свойства силикатных расплавов. Значение расплавов в технологии силикатных материалов.	15	Контрольная работа №2
2	Геологическое образование силикатных и алюмосиликатных минералов и горных пород; их нахождение в природе и виды в зависимости от происхождения. Роль процессов выветривания и метаморфизма в образовании силикатных и алюмосиликатных минералов и пород.	10	Контрольная работа №2
3	Образование силикатных и алюмосиликатных минералов в результате остывания магмы. Ряд Боуэна.	15	Контрольная работа №2
3	Образование минералов портландцементного клинкера в процессе спекания (клинкeroобразование). Последовательность физико-химических превращений при клинкeroобразовании.	15	Контрольная работа №3
3	Гидравлические свойства высококальциевых силикатов. Процессы, лежащие в основе твердения и набора прочности портландского цемента. Образование кальциево-силикатного гидрогеля как продукта гидратации высокоосновных силикатов кальция, его морфология, состав, структура, свойства.	10	Контрольная работа №3
4	Процесс укрупнения частиц в процессе твердофазного и жидкофазного спекания. Механизмы переосаждения вещества. Зависимость давления насыщенного пара от размера частиц. Формула Томсона-Кельвина. Зависимость растворимости частиц от их размера. Формула Гиббса-Томсона-Оствальда.	40	Контрольная работа №3
5	Теплоты образования соединений, плавления, кристаллизации, растворения, гидратации, полиморфных превращений. Второй закон термодинамики. Энергия Гиббса	35	Контрольная работа №3
6	Характеристики силикатных растворов (жидких стекол) – силикатный модуль, концентрация, плотность, вязкость. Свойства и применение силикатных растворов; вяжущие и пленкообразующие свойства	40	Контрольная работа №4
7	Химия поверхности частиц кремнезема. Методы химического модифицирования кремнеземов. Гидрофильные и гидрофобные покрытия. Алюмосиликатные поверхности. Применение модифицированных кремнеземов в сорбции, катализе, хроматографии	40	Контрольная работа №4
8	Реологические свойства глинистых суспензий и других высокодисперсных кремнеземсодержащих и алюмосиликатных водных систем	36	Контрольная работа №4
10	Термогравиметрический и дифференциально-термический анализ в исследовании тугоплавких неметаллических и силикатных материалов	36	Контрольная работа №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: <https://media.technolog.edu.ru>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме защиты курсовой работы, зачета и экзамена.

К сдаче зачетов и экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Зачеты и экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются теоретическими вопросами по дисциплине. При сдаче зачетов и экзамена студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу составляет до 45 мин.

Пример варианта задания на зачете:

1. Гидросиликаты магния – тальк и асбест. Структура, свойства, техническое значение.
2. Образование минералов портландцементного клинкера в процессе спекания (клинкeroобразование). Последовательность физико-химических превращений при клинкeroобразовании.

Пример варианта билета на экзамене:

1. Двухкомпонентная система  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ . Структура алюминатов кальция, их свойства.
2. Водорастворимые силикаты, силикатные растворы (жидкие стекла), их свойства и значение.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

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

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

### **а) основная литература:**

1. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов : учеб. пособие для вузов / А. П. Зубехин [и др.]. – Москва: Картэк, 2010. –307 с. - ISBN 978-5-9901582-2-1
2. Федоров, Н.Ф. Лабораторный практикум по физической химии силикатов: учеб. пособие: в 3ч. / Н.Ф.Федоров ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Каф. хим. технологии материалов и изделий электронной техники, Каф. технологии стекла и общ. технологии силикатов. - 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 ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2015. – 37 с.

4. Пантелеев, И. Б. Теоретические основы технологии керамики [Текст]: учебное пособие / И. Б. Пантелеев, Л. В. Козловский ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тонкой технической керамики. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 114 с.

5. Жабрев, В.А. Расчет свойств силикатных стекол. Учебное пособие / В.А. Жабрев, С.В. Чуппина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2015. – 80 с.

6. Брыков, А. С. Физико-химические методы управления структурой и свойствами цементного камня: учебное пособие / А.С. Брыков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедрах химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. – СПбГТИ(ТУ), 2014. – 31 с.

7. Новые огнеупоры : Научно-технический и производственный журнал. - Москва : Интермет Инжиниринг. - ISSN 1683-4518

8. Стекло и керамика : Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. - ISSN 131-9582

9. Огнеупоры и техническая керамика : Ежемесячный международный научно-технический и производственный журнал. - ISSN 0369-7290

10. Цемент и его применение : Научно-технический и производственный журнал. - ISSN 0041-4867

#### **б) электронные издания**

11. Суворов С.А. Расчетные методы определения фазового состава высокотемпературных систем : учебное пособие / С. А. Суворов, В. Н. Фищев, В. В. Козлов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. - Электрон. текстовые дан. – СПбГТИ(ТУ), 2015. - 37 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 11.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

12. Пантелеев И.Б. Теоретические основы технологии керамики : учебное пособие / И. Б. Пантелеев, Л. В. Козловский ; СПбГТИ(ТУ). Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тонкой технической керамики. - Электрон. текстовые дан. – СПбГТИ(ТУ), 2012. - 114 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 11.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

13. Жабрев В.А. Расчет свойств силикатных стекол : учебное пособие / В. А. Жабрев, С. В. Чуппина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов.

- Электрон. текстовые дан. – СПбГТИ(ТУ), 2015. - 70 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 11.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

14. Брыков А.С. Физико-химические методы управления структурой и свойствами цементного камня : учебное пособие / А. С. Брыков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедрах химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. - Электрон. текстовые дан. – СПбГТИ(ТУ), 2014. - 31 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 11.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

## **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. 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) 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.

4. 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.

5. 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.

6. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению : СТО СПбГТИ(ТУ) 018-2014 / СПбГТИ(ТУ). - Взамен СТП СПбГТИ 018-02. - СПб. : [б. и.], 2014. - 16 с.

7. 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.

В ходе лекционных занятий обучающемуся необходимо готовить конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать 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 лабораторных 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.

## **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 ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение**

Представление лекционного материала:

- ОС семейства Microsoft Windows версией не ранее MS Windows XP SP3 или открытые операционные системы;
- Пакет офисных программ Microsoft Office или аналогичный по функциональности, включающий текстовый и табличный процессор, программу подготовки и показа презентаций;
- Свободно распространяемые графические редакторы, мультимедиа-проигрыватели

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru>)  
Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

## **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы**

Реализация программы учебной дисциплины не предполагает наличия специализированного учебного кабинета при условии соответствия учебных кабинетов санитарным нормам, а его оборудования – изложенным ниже требованиям:

1. Учебная аудитория на 25 и более мест
2. Персональный компьютер
3. Мультимедиа-проектор
4. Стационарный или переносной проекционный экран
5. Комплект презентаций и видеофильмов по дисциплине

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории, оснащенной соответствующим оборудованием для проведения профильных занятий.

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

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



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

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

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-5	Способен использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения научно-исследовательских, технологических и проектных задач в своей профессиональной деятельности	промежуточный

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-5.1</b> Использование знаний свойств тугоплавких неметаллических и силикатных материалов для решения научно-исследовательских и технологических задач	<b>Перечисляет</b> основные химические свойства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы № 1-9 к зачету, 1-13 к экзамену	Пугается в перечислении основных химических свойств тугоплавких неметаллических и силикатных материалов	Перечисляет основные химические свойства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов с ошибками	Уверенно и без ошибок перечисляет основные химические свойства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов
	<b>Способен</b> использовать знания свойств тугоплавких неметаллических и силикатных материалов для решения задач технологии и постановки экспериментов (У-1)	Правильные ответы на вопросы № 10-17 к зачету, 37-41 к экзамену	Обладает базовыми знаниями свойств тугоплавких неметаллических и силикатных материалов, но не может самостоятельно использовать их для решения задач технологии и постановки экспериментов	Обладает достаточными знаниями свойств тугоплавких неметаллических и силикатных материалов, и способен применить некоторые из них для решения задач технологии и постановки экспериментов	Обладает достаточными знаниями свойств тугоплавких неметаллических и силикатных материалов, и способен уверенно применять их для решения задач технологии и постановки экспериментов
	<b>Имеет</b> навыки реализации знаний основ физической химии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов для решения научно-исследовательских и технологических задач (Н-1)	Правильные ответы на вопросы № 18-25 к зачету, 14-36 к экзамену, защита курсовой работы	Демонстрирует базовые навыки реализации знаний основ физической химии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов для решения научно-исследовательских и технологических задач	Демонстрирует достаточные навыки для реализации знаний основ физической химии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов для решения научно-исследовательских и технологических задач	Демонстрирует необходимые навыки реализации знаний основ физической химии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов для самостоятельного решения научно-исследовательских и технологических задач

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

#### 3.1 Вопросы к зачету

##### а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-5:

1. Кремний, его электронное строение, химические и физико-химические свойства.
2. Важнейшие несиликатные соединения кремния – карбид, нитрид, силан, хлорпроизводные – их получение и свойства.
3. Представления об изоморфизме. Изоморфное замещение кремния алюминием при образовании алюмосиликатных структур.
4. Типы цепочечных и ленточных силикатных мотивов. Важнейшие представители цепочечных и ленточных силикатов.
5. Области стабильного и метастабильного существования полиморфов кремнезема. Особенности полиморфных переходов. Значение полиморфных модификаций кремнезема в технических приложениях.
6. Двухкомпонентная система  $MgO-SiO_2$ . Строение и свойства силикатов магния. Значение диаграммы в технологии огнеупоров и керамики.
7. Двухкомпонентная система  $CaO-SiO_2$ . Структура силикатов кальция и их свойства. Значение диаграммы в технологии портландского цемента.
8. Значение диаграммы в технологии алюминатных (глиноземистых и высокоглиноземистых) и портландских цементов.
9. Трехкомпонентная система  $MgO-SiO_2-Al_2O_3$ . Значение диаграммы в технологии огнеупоров и керамики. Тройные соединения в системе  $MgO-SiO_2-Al_2O_3$ . Их свойства, техническое значение.
10. Взаимодействие силикатов кальция с водой и образуемые продукты.
11. Твердофазные реакции силикатообразования. Виды дефектов структуры.
12. Точечные дефекты, их энергия образования и содержание в кристаллической структуре; влияние температуры.
13. Физико-химические основы спекательных процессов. Движущая сила спекательных процессов.
14. Твердофазное и жидкофазное спекание. Стадии твердофазного спекания.
15. Механизмы переноса вещества при спекании.
16. Процесс укрупнения частиц в процессе твердофазного и жидкофазного спекания. Механизмы пересадки вещества. Зависимость давления насыщенного пара от размера частиц. Формула Томсона-Кельвина.
17. Ступенчатость твердофазных реакций силикатообразования. Основные закономерности, влияющие на последовательность образования силикатов.
18. Диаграмма состояния  $Na_2O-SiO_2$ . Область стеклообразования в системе  $Na_2O-SiO_2$ . Свойства стеклообразных силикатов натрия и калия.
19. Силикатные растворы (жидкие стекла), их свойства и значение.
20. Процессы полимеризации и деполимеризации в жидких стеклах. Способы ускорения процессов полимеризации в жидких стеклах. Вяжущие свойства и пленкообразование.
21. Слоистые силикаты и алюмосиликаты. Основные представители, их физико-химические свойства.
22. Глины. Их фазово-минералогический состав, свойства, техническое значение. Мономинеральные и полиминеральные глины.
23. Минералы каолинит и монтмориллонит, их строение и состав. Свойства мономинеральных глин и их применения.
24. Кремнийорганические соединения – строение, свойства, практическое значение и способы получения.
25. Полиорганосилоксаны, кремнийорганические жидкости и смолы.

При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

### 3.2 Вопросы к экзамену

1. Образование связей Si-O и Si-O-Si и причины их высокой устойчивости.
2. Виды кристаллических силикатных структур – островные, цепочечные, ленточные, слоистые и каркасные силикаты.
3. Координационное состояние кремния и алюминия в силикатах и алюмосиликатах. Применение правил Полинга к силикатным и алюмосиликатным структурам.
4. Диаграмма состояния  $\text{SiO}_2$ . Полиморфизм кристаллического кремнезема.
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  $\text{MgO}$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Алюмомагниева шпинель. Структура, свойства, техническое значение. Значение диаграммы в технологии огнеупоров и керамики.
7. Двухкомпонентная система  $\text{CaO}$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Структура алюминатов кальция, их свойства.
8. Трехкомпонентная система  $\text{CaO}$ - $\text{MgO}$ - $\text{SiO}_2$ . Тройные соединения в системе  $\text{CaO}$ - $\text{MgO}$ - $\text{SiO}_2$ . Значение диаграммы в промышленности высокотемпературных процессов. Их свойства, техническое значение.
9. Трехкомпонентная система  $\text{Na}_2\text{O}$ - $\text{CaO}$ - $\text{SiO}_2$ . Тройные соединения в системе  $\text{Na}_2\text{O}$ - $\text{CaO}$ - $\text{SiO}_2$ . Значение диаграммы в технологии стекла. Их свойства, техническое значение.
10. Трехкомпонентная система  $\text{K}_2\text{O}$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ . Значение диаграммы в технологии керамики.
11. Трехкомпонентная система  $\text{CaO}$ - $\text{SiO}_2$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Тройные соединения в системе  $\text{CaO}$ - $\text{SiO}_2$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Их структура, свойства, техническое значение. Значение диаграммы в технологии портландского и алюминатных цементов, керамики и огнеупоров.
12. Области составов техногенных продуктов, лежащие в поле диаграммы  $\text{CaO}$ - $\text{SiO}_2$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  (золы, шлаки).
13. Четырехкомпонентная система  $\text{CaO}$ - $\text{SiO}_2$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Значение диаграммы в технологии портландского цемента. Понятие коэффициента насыщения (КН).
14. Образование минералов портландцементного клинкера в процессе спекания (клинкeroобразование). Последовательность физико-химических превращений при клинкeroобразовании.
15. Фазы портландцементного клинкера. Их структура, свойства, взаимодействие с водой.
16. Взаимодействие алюминатов кальция с водой и образуемые продукты. Области применения алюминатных цементов.
17. Диффузионный перенос вещества посредством точечных дефектов структуры как механизм твердофазных превращений. Виды диффузии. Влияние температуры на скорость диффузии.
18. Значение формулы Томсона-Кельвина в объяснении самопроизвольного заполнения порового пространства веществом. Причины развития усадочных процессов.
19. Жидкофазное спекание. Роль жидкости в процессах спекания и химических превращениях, сопровождающих спекание. Явление смачивания и формула Лапласа.

20. Механизмы переосаждения вещества. Зависимость растворимости частиц от их размера. Формула Гиббса-Томсона-Оствальда.
21. Кинетика твердофазных превращений. Образование продукта твердофазной реакции на границе раздела фаз. Уравнение Яндера и другие уравнения кинетики твердофазных реакций.
22. Первый закон термодинамики. Закон Гесса. Расчет теплоты образования соединений, плавления, кристаллизации, растворения, гидратации, полиморфных превращений.
23. Второй закон термодинамики. Свободная энергия Гиббса.
24. Особенности растворения стеклообразных силикатов натрия и калия (водорастворимых стекол) в воде.
25. Полимерное состояние силикат-ионов в водных силикатных растворах.
26. Характеристики жидких стекол – силикатный модуль, концентрация, плотность, вязкость.
27. Высокодисперсное состояние кремнезема. Формы высокодисперсного кремнезема. Характеристики частиц кремнезема – плотность, дисперсность, удельная поверхность.
28. Образование нанодисперсных частиц кремнезема и способы их агрегации в водных средах. Схема Айлера. Золи, гели, порошки кремнезема – условия их формирования, структура и свойства.
29. Образование частиц кремнезема из газовой фазы – пирогенный кремнезем
30. (аэросил), микрокремнезем. Их промышленное значение.
31. Строение слоистых силикатов и алюмосиликатов. Классификация. Диоктаэдрические и триоктаэдрические структуры 1:1, 2:1. Образование двух- и трехслойных пакетов, стехиометрия.
32. Термическая деструкция каолинита. Значение продуктов деструкции для техники и промышленности. Метакаолин – состав, свойства, применение.
33. Гидросиликаты магния – тальк и асбест. Структура, свойства, техническое значение.
34. Слюды - структура, свойства, техническое значение.
35. Гидрослюды. Структура, свойства, техническое значение. Вермикулит и его применение. Керамзит. Глауконит – структура, свойства, применение.
36. Особенности структуры каркасных силикатов и алюмосиликатов. Каркасные силикаты и алюмосиликаты, имеющие промышленное значение. Синтетические алюмосиликаты.
37. Спектральные методы анализа ТНиСМ. Возможности атомной и молекулярной спектроскопии
38. Дифракционные методы анализа в технологии ТНиСМ. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ.
39. Спектроскопия ЯМР в исследовании силикатных и алюмосиликатных материалов. Принцип и возможности метода.
40. Электронная микроскопия, ее возможности электронной микроскопии в исследовании ТНиСМ.
41. Лазерно-гранулометрический анализ в установлении дисперсности частиц ТНиСМ.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

#### 4. Темы контрольных работ

##### Вариант 1

###### Задание 1

Определить структурный тип соединений:  $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ ,  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$

###### Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:

А Химический состав

Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации

В Путь кристаллизации

Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики

Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении расплава.

###### Задание 3

С помощью фазовой диаграммы найти химический состав расплава, при равновесном охлаждении и кристаллизации которого образовались следующие фазы в количестве, масс%:  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  80,  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  20.

##### Вариант 2

###### Задание 1

Определить структурный тип соединений:  $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ ,  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$

###### Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:

А Химический состав

Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации

В Путь кристаллизации

Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики

Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении.

###### Задание 3

Определить фазовый состав охлажденного и закристаллизованного расплава, полученного плавлением смеси из  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  (50 масс%) и  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  (50 масс%).

##### Вариант 3

###### Задание 1

Определить структурный тип соединений:  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ,  $\text{Ca}_2\text{Al}[\text{AlSiO}_7]$

###### Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:

А Химический состав

Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации

В Путь кристаллизации

Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики

Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении.

### Задание 3

С помощью фазовой диаграммы найти количественный фазовый состав охлажденного закристаллизованного расплава, имеющего следующий химический состав, масс%: CaO 55, SiO<sub>2</sub> 45.

### Вариант 4

#### Задание 1

Определить структурный тип соединений: Mg<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, KMg<sub>3</sub>[AlSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>](OH)<sub>2</sub>

#### Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:

А Химический состав

Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации

В Путь кристаллизации

Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики

Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении.

#### Задание 3

Перевести химический состав в фазовый с помощью фазовой диаграммы, мол%: CaO 60, SiO<sub>2</sub> 40.

### Вариант 5

#### Задание 1

Определить структурный тип соединений: Al<sub>2</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>](OH)<sub>2</sub>, Mg<sub>3</sub>[Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>](OH)<sub>4</sub>

#### Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:

А Химический состав

Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации

В Путь кристаллизации

Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики

Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении.

#### Задание 3

С помощью фазовой диаграммы найти химический состав расплава, при равновесном охлаждении и кристаллизации которого образовались следующие фазы в количестве, масс%: Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> 80, MgSiO<sub>3</sub> 20.

### Вариант 6

#### Задание 1

Определить структурный тип соединений: NaAl<sub>2</sub>[AlSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>](OH)<sub>2</sub>, Mg<sub>3</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>](OH)<sub>2</sub>

#### Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:

А Химический состав

Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации

В Путь кристаллизации

Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики  
Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении.

Задание 3

Определить фазовый состав охлажденного и закристаллизованного расплава, полученного плавлением смеси из MgO (60 масс%) и MgSiO<sub>3</sub> (40 масс%).

Вариант 7

Задание 1

Определить структурный тип соединений: NaAlSiO<sub>4</sub>, Be<sub>4</sub>[Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>](OH)<sub>2</sub>

Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:

А Химический состав

Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации

В Путь кристаллизации

Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики

Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении.

Задание 3

С помощью фазовой диаграммы найти количественный фазовый состав охлажденного закристаллизованного расплава, имеющего следующий химический состав, масс%: MgO 20, SiO<sub>2</sub> 80.

Вариант 8

Задание 1

Определить структурный тип соединений: Ca<sub>2</sub>Mg<sub>5</sub>[Si<sub>4</sub>O<sub>11</sub>]<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>, Pb<sub>3</sub>[Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>]

Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:

А Химический состав

Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации

В Путь кристаллизации

Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики

Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении.

Задание 3

Перевести химический состав в фазовый с помощью фазовой диаграммы, мол%: MgO 60, SiO<sub>2</sub> 40.

Вариант 9

Задание 1

Определить структурный тип соединений: BaTi[Si<sub>3</sub>O<sub>9</sub>], Na<sub>2</sub>[Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>10</sub>]·2H<sub>2</sub>O

Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:



- А Химический состав
- Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации
- В Путь кристаллизации
- Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики
- Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении.

### Задание 3

С помощью фазовой диаграммы найти химический состав расплава, при равновесном охлаждении и кристаллизации которого образовались следующие фазы в количестве, масс%:  $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  80,  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  20.

## Вариант 10

### Задание 1

Определить структурный тип соединений:  $\text{BaTi}[\text{Si}_3\text{O}_9]$ ,  $(\text{Na}, \text{Ca}_2)[\text{Al}_5\text{Si}_5\text{O}_{20}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

### Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:

- А Химический состав
- Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации
- В Путь кристаллизации
- Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики
- Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении.

### Задание 3

Определить фазовый состав охлажденного и закристаллизованного расплава, полученного плавлением смеси из  $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  (60 масс%) и  $\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$  (50 масс%).

## Вариант 11

### Задание 1

Определить структурный тип соединений:  $\text{KLi}_2\text{Al}[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ ,  $(\text{Ca}, \text{K}_2)[\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}] \cdot 4,5\text{H}_2\text{O}$

### Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:

- А Химический состав
- Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации
- В Путь кристаллизации
- Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики
- Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении.

### Задание 3

С помощью фазовой диаграммы найти количественный фазовый состав охлажденного закристаллизованного расплава, имеющего следующий химический состав, масс%:  $\text{CaO}$  55,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  45.

## Вариант 12

### Задание 1

Определить структурный тип соединений:  $\text{Ca}_6[\text{Si}_6\text{O}_{17}](\text{OH})_2$ ,  $\text{CaAl}_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

### Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:

А Химический состав

Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации

В Путь кристаллизации

Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики

Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении.

### Задание 3

Определить фазовый состав охлажденного и закристаллизованного расплава, полученного плавлением смеси из  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  (50 масс%) и  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  (50 масс%).

## Вариант 13

### Задание 1

Определить структурный тип соединений:  $\text{CaMgSiO}_4$ ,  $\text{CaAl}_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

### Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:

А Химический состав

Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации

В Путь кристаллизации

Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики

Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении.

### Задание 3

С помощью фазовой диаграммы найти химический состав расплава, при равновесном охлаждении и кристаллизации которого образовались следующие фазы в количестве, масс%:  $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  80,  $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  20.

## Вариант 14

### Задание 1

Определить структурный тип соединений:  $\text{ZrSiO}_4$ ,  $(\text{Mn},\text{Ca})_5[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$

### Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:

А Химический состав

Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации

В Путь кристаллизации

Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики

Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении.

### Задание 3

Перевести химический состав в фазовый с помощью фазовой диаграммы, мол%: CaO 60, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 40.

### Вариант 15

#### Задание 1

Определить структурный тип соединений: (Mg,Fe)<sub>7</sub>Si<sub>8</sub>O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub>, Na<sub>8</sub>(AlSiO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>

#### Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:

А Химический состав

Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации

В Путь кристаллизации

Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики

Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении.

#### Задание 3

Определить фазовый состав охлажденного и закристаллизованного расплава, полученного плавлением смеси из 2Na<sub>2</sub>O·SiO<sub>2</sub> (25 масс%) и Na<sub>2</sub>O·2SiO<sub>2</sub> (75 масс%).

### Вариант 16

#### Задание 1

Определить структурный тип соединений: NaCa<sub>2</sub>[Al<sub>5</sub>Si<sub>13</sub>O<sub>36</sub>] 17H<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>Mg<sub>5</sub>Si<sub>8</sub>O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub>,

#### Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:

А Химический состав

Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации

В Путь кристаллизации

Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики

Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении.

#### Задание 3

Определить фазовый состав охлажденного и закристаллизованного расплава, полученного плавлением смеси из Na<sub>2</sub>O·SiO<sub>2</sub> (25 масс%) и SiO<sub>2</sub> (75 масс%).

### Вариант 17

#### Задание 1

Определить структурный тип соединений: Na<sub>8</sub>[Al<sub>6</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>24</sub>] SO<sub>4</sub>, Fe<sub>7</sub>Si<sub>8</sub>O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub>

#### Задание 2

Для расплава, обозначенного на диаграмме точкой, установить:

А Химический состав

Б Качественный и количественный фазовый состав после завершения кристаллизации

В Путь кристаллизации

Г Максимальное содержание жидкой фазы при температуре эвтектики или перитектики

Д Качественный и количественный фазовый состав системы при достижении заданной температуры при равновесном охлаждении.

### Задание 3

С помощью фазовой диаграммы найти химический состав расплава, при равновесном охлаждении и кристаллизации которого образовались следующие фазы в количестве, масс%:  $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2$  75 и  $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2\text{SiO}_2$  25.

### 5. Темы курсовых работ

1. Высокодисперсное состояние кремнезема. Формы высокодисперсного кремнезема. Характеристики частиц кремнезема – плотность, дисперсность, удельная поверхность.
2. Образование нанодисперсных частиц кремнезема и способы их агрегации в водных средах. Схема Айлера. Золи, гели, порошки кремнезема – условия их формирования, структура и свойства.
3. Образование частиц кремнезема из газовой фазы – пирогенный кремнезем (аэросил), микрокремнезем. Их промышленное значение.
4. Строение слоистых силикатов и алюмосиликатов.
5. Слоистые силикаты и алюмосиликаты. Основные представители, их физико-химические свойства.
6. Кремнийорганические соединения – строение, свойства, практическое значение и способы получения.
7. Полиорганосилоксаны, кремнийорганические жидкости и смолы
8. Спектральные методы анализа ТНиСМ. Возможности атомной и молекулярной спектроскопии
9. Дифракционные методы анализа в технологии ТНиСМ. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ.
10. Спектроскопия ЯМР в исследовании силикатных и алюмосиликатных материалов. Принцип и возможности метода.
11. Электронная микроскопия, ее возможности электронной микроскопии в исследовании ТНиСМ.
12. Лазерно-гранулометрический анализ в установлении дисперсности частиц ТНиСМ.
13. Роль процессов выветривания и метаморфизма в образовании силикатных и алюмосиликатных минералов и пород
14. Строение и свойства силикатных расплавов.
15. Последовательность физико-химических превращений при образовании порландцементного клинкера.
16. Гидравлические свойства высококальциевых силикатов.
17. Методы химического модифицирования кремнеземов.
18. Процесс укрупнения частиц в процессе твердофазного и жидкофазного спекания.
19. Применение модифицированных кремнеземов в сорбции, катализе, хроматографии.
20. Коллоидные растворы кремнезема, их получение, свойства, промышленное значение.
21. Кремнийорганические жидкости и смолы. Получение и области применения.
22. Каркасные силикаты и алюмосиликаты, имеющие промышленное значение. Цеолиты.
23. Разновидности стекол и их техническое значение.
24. Каолинитовые и монтмориллонитовые глины, области применения.
25. Муллит - свойства, способы получения, промышленное значение.
26. Алюмомагнетитовая шпинель - Структура, свойства, техническое значение.
27. Алюминатные цементы и их значение для огнеупорной и строительной промышленности.
28. Вермикулит и его применение.
29. Свойства и применение силикатных растворов, их вяжущие и пленкообразующие свойства.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме защиты курсовой работы, экзамена или зачёта.

Шкала оценивания на экзамене и защите курсовой работы балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). При этом «удовлетворительно» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции. Шкала оценивания на зачете – «зачтено», «не зачтено», при этом «зачтено» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.