

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 02.11.2023 12:39:16  
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  
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМ**

Направление подготовки

**22.03.01 – Материаловедение и технологии материалов**

Направленность программы бакалавриата

**Материаловедение и технологии тугоплавких неметаллических материалов**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**очная**

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
Доцент		Доцент Фищев В.Н.

Рабочая программа дисциплины «Физическая химия высокотемпературных систем» 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 «Материаловедение и технологии материалов»		Н.В. Захарова
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 .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....	05
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	06
4.2. Занятия лекционного типа .....	06
4.3. Занятия семинарского типа .....	09
4.3.1. Лабораторные работы .....	09
4.4. Самостоятельная работа .....	11
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	11
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	12
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины .....	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	13
10.1. Информационные технологии .....	13
10.2. Программное обеспечение .....	14
10.3. Базы данных и информационные справочные системы .....	14
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы .....	14
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	14
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	15

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

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

Код и наименование компетенции <sup>1</sup>	Код и наименование индикатора достижения компетенции <sup>2</sup>	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) <sup>3</sup>
<p><b>ПК-1</b> Способен создавать и осуществлять инновационные (перспективные) технологические процессы получения и обработки материалов для достижения заданного комплекса свойств</p>	<p>ПК-1.3. Проведение измерений комплекса свойств высокотемпературных систем и представление экспериментальных данных.</p>	<p><b>Знать:</b> - принципы физических и физико-химических основ высокотемпературных свойств (ЗН-1.1); - правила построения диаграмм состояния высокотемпературных систем (ЗН-1.2) <b>Уметь:</b> сопоставлять свойства и состав материалов с их формализацией в виде диаграмм состояния (У-1) <b>Владеть:</b> навыками построения инновационных (перспективных) технологических процессов получения и обработки высокотемпературных систем (Н-1)</p>
<p><b>ПК-2</b> Готов осуществлять выбор материалов и регулировать набор свойств готового продукта для условий эксплуатации изделий</p>	<p>ПК-2.1. Регулирование свойств готового продукта на основе рационального выбора компонентов высокотемпературных систем</p>	<p><b>Знать:</b> - физические и физико-химические принципы выбора высокотемпературных материалов (ЗН-2.1); - физико-химические основы трансформации состава и свойств высокотемпературных материалов в процессе эксплуатации (ЗН-2.2) <b>Уметь:</b> - на основе диаграмм состояния регулировать свойства готового продукта (У-2) <b>Владеть:</b> - методиками исследования высокотемпературных систем (Н-2)</p>

<sup>1</sup> Содержание и номер компетенции в точности соответствует ФГОС ВО и отображается в матрице компетенций для конкретной дисциплины

<sup>2</sup> Код индикатора присваивается руководителем направления подготовки, отображается в матрице компетенции и доводится разработчикам РПД. Повторение кодов индикаторов для конкретной компетенции, реализуемой разными дисциплинами, не допускается

<sup>3</sup> Дескрипторы переносятся из матрицы компетенций без смены формулировок

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 образовательной программы бакалавриата (Б1.В.03) и изучается на 3 курсе в 5 и 6 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин: «Физика», «Математика», «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Кристаллохимия и минералогия», «Основы технологии высокотемпературных материалов». Полученные в процессе изучения дисциплины «Физическая химия высокотемпературных систем» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе бакалавра и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>7/ 252</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>213</b>
занятия лекционного типа	68
занятия семинарского типа, в т.ч.	140
семинары, практические занятия	-
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	140 (35)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	5
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>12</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Зачет, экзамен/27</b>

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1	Введение	2	0	0	0		
2	Основы учения о фазовых равновесиях. Фазовые диаграммы состояния	10	0	24	2	ПК-1, ПК-2	ПК-1.3 ПК-2.1
3	Методы расчета фазового состава высокотемпературных материалов	8	0	24	2	ПК-1, ПК-2	ПК-1.3 ПК-2.1
4	Структура и свойства высокотемпературных фаз и материалов	16	0	24	2	ПК-1, ПК-2	ПК-1.3 ПК-2.1
5	Формирование фазового состава и микроструктуры огнеупоров.	12	0	24	2	ПК-1, ПК-2	ПК-1.3 ПК-2.1
6	Химическая устойчивость фаз и материалов при высоких температурах	10	0	24	2	ПК-1, ПК-2	ПК-1.3 ПК-2.1
7	Кристаллизация из расплавов и из газовой фазы	10	0	20	2	ПК-1, ПК-2	ПК-1.3 ПК-2.1

##### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Общая характеристика дисциплины. Цели и задачи дисциплины. Место дисциплины в структуре ООП. Требования к освоению результатов дисциплины. Структура дисциплины. Контроль и оценка результатов освоения дисциплины. Рекомендуемая литература и Интернет-источники.	2	Л

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<p>Основы учения о фазовых равновесиях. Фазовые диаграммы состояния.</p> <p>Основные определения: система, фаза, компонент, параметр, степень свободы, число степеней свободы. Правило фаз Гиббса. Нонвариантные точки. Принцип центра тяжести, типы нонвариантных точек.</p> <p>Фазовые диаграммы, диаграммы плавкости. Расчетные и экспериментальные методы построения. Типы диаграмм состояния. Изменение составов расплава и твердой фазы в процессе кристаллизации.</p> <p>Изменение свойств фазы при переходе в низкоразмерное состояние.</p>	10	<p>Л, ЛВ</p> <p>Л</p> <p>Л ЛВ</p> <p>ЛП</p>
3	<p>Методы расчета фазового состава высокотемпературных материалов.</p> <p>Расчет фазового состава огнеупоров на основе диаграмм состояния двух- и трехкомпонентных систем. Правило рычага. Нахождение координат точек в трехкомпонентных диаграммах.</p> <p>Расчет количества расплава и твердой фазы при заданном составе фазовой смеси и температуре. Изменение состава смеси фаз в процессе ее нагревания и охлаждения. Расчет количества жидких и твердых фаз, образующихся при нагревании трехкомпонентных смесей. Расчетная оценка огнеупорности.</p> <p>Расчет фазового состава продуктов обжига огнеупорного сырья с помощью правила Рихтера.</p> <p>Расчет фазового состава продуктов обжига огнеупорного сырья исходя из последовательности фазовых преобразований.</p>	8	<p>ЛВ</p> <p>ЛВ</p> <p>ЛВ</p> <p>Л</p>

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	<p>Структура и свойства высокотемпературных фаз и материалов.</p> <p>Базовые высокотемпературные системы. Общая характеристика.</p> <p>Фазовая диаграмма <math>\text{SiO}_2</math>. Физико-химические свойства модификаций кремнезема. Система <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math></p> <p>Физико-химические свойства модификаций глинозема. Гидраты глинозема. Физико-химические свойства оксида магния. Фазовая диаграмма <math>\text{ZrO}_2</math>.</p> <p>Физико-химические свойства модификаций <math>\text{ZrO}_2</math>, стабилизация и дестабилизация.</p> <p>Система <math>\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2</math>, физико-химические свойства муллита. Система <math>\text{MgO-SiO}_2</math>. Физико-химические свойства форстерита</p> <p>Строение и физико-химические свойства огнеупорных шпинелей.. Фазовая диаграмма <math>\text{CaO-MgO}</math>. Доломит. Фазовая диаграмма <math>\text{ZrO}_2\text{-SiO}_2</math>. Физико-химические свойства циркона.</p> <p>Свойства фаз системы <math>\text{CaO -Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2</math>. Система <math>\text{MgO -Al}_2\text{O}_3\text{- SiO}_2</math>.</p> <p>Высокотемпературные неоксидные материалы.</p> <p>Фазовая диаграмма углерода. Модификации углерода. Наноразмерные формы углерода. Фазовая диаграмма <math>\text{Si-C}</math>. Физико-химические свойства карбида кремния. <math>\text{B}_4\text{C}</math>, <math>\text{BN}</math>, <math>\text{Si}_3\text{N}_4</math>, <math>\text{AlN}</math>, сиалоны.</p> <p>Характеристика свойств.</p> <p>Тугоплавкие соединения переходных металлов (карбиды, нитриды, бориды, силициды). Керметы, твердые сплавы. Природа химической связи</p>	16	<p>Л</p> <p>Л</p> <p>ЛВ</p> <p>ЛВ</p> <p>ЛВ</p> <p>ЛВ</p> <p>ЛВ</p> <p>ЛВ</p> <p>ЛП</p>
5	<p>Формирование фазового состава и микроструктуры огнеупоров.</p> <p>Спекание. Движущие силы спекания. Образование кристаллического сростка. Поверхности и границы между зернами. Твердофазное спекание. Спекание с участием жидкой фазы. Реакционное спекание.</p> <p>Распределение конденсированных фаз.</p> <p>Интенсификация спекания.</p> <p>Реакции в твердом состоянии. Химическая и структурная эволюция высокотемпературных материалов. Механизмы диффузии в твердых телах.</p>	12	<p>Л, ЛВ</p> <p>ЛВ</p> <p>ЛВ</p> <p>ЛП</p> <p>Л</p> <p>Л</p>

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
6	Химическая устойчивость фаз и материалов при высоких температурах. Критерии химического взаимодействия. Сосуществующие фазовые сочетания. Прогнозирование выбора сочетаний огнеупорных фаз. Влияние фазового состава на главные свойства высокотемпературных материалов. Взаимодействие высокотемпературных материалов с расплавами. Смачивание. Статическая и динамическая коррозия огнеупоров. Шлако- и металлоустойчивость огнеупоров. Формирование зональной структуры. Испаряемость высокотемпературных материалов. Влияние среды и фазового состава на испарение огнеупоров. Износ огнеупоров в процессе вакуумирования стали. Старение огнеупоров.	10	Л, ЛВ  ЛВ  Л,  ЛП  Л
7	Кристаллизация из расплавов и из газовой фазы. Закономерности кристаллизации расплавов высокотемпературных материалов. Формирование микроструктуры плавнелитых огнеупоров. Кристаллизация из газовой фазы Образование и рост нитевидных кристаллов.	10	Л, ЛВ Л ЛВ ЛП

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
		всего	в том числе на практическую подготовку	
2	Установление характера невариантных точек в двух- и трехкомпонентных системах	8	6	
2	Расчет двухкомпонентной диаграммы плавкости	8	-	
2	Построение путей кристаллизации в трехкомпонентных системах	8	-	
3	Построение кривых плавкости	8	-	
3	Расчет фазового состава продуктов обжига огнеупорного сырья с помощью правила Рихтера	8	6	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
		всего	в том числе на практическую подготовку	
3	Расчет фазового состава огнеупоров исходя из последовательности фазовых преобразований	6	6	
3	Контрольное тестирование	2	-	
4	Расчет составов продуктов обжига материалов, разлагающихся при нагревании. Расчет сырьевых смесей	8	4	
4	Расчет фазового состава и оценка огнеупорности материалов системы CaO -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - SiO <sub>2</sub> .	8	4	
4	Расчет фазового состава и оценка огнеупорности материалов системы MgO -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - SiO <sub>2</sub> .	8	-	
5	Оценка энергии активации процесса спекания	8	-	
5	Обработка данных о кинетике усадки в процессе спекания	8	3	
5	Расчет состава сырьевой смеси при реакционном спекании	8	-	
6	Выбор вероятной реакции взаимодействия огнеупора с реагентом	8	3	
6	Определение сочетаний сосуществующих высокотемпературных фаз	8	3	
6	Расчет потери массы огнеупора при высокой температуре в вакууме	8	-	
7	Расчет критического размера зародыша кристалла корунда при кристаллизации из расплава	8	-	
7	Расчетное обоснование выбора реакции для выращивания нитевидных монокристаллов заданного состава	8	-	
7	Подбор агента-растворителя для выращивания нитевидных монокристаллов шпинели	4	-	

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Типы диаграмм состояния. Фазовые диаграммы и области огнеупорных составов.	2	Устный опрос
3	Расчет фазового состава огнеупоров на основе диаграмм состояния двухкомпонентных систем.	2	Устный опрос
4	Состав и характеристика свойств, области применения керметов и твердых сплавов	2	Устный опрос
5	Типы и механизмы диффузии в твердых телах	2	Устный опрос
6	Старение огнеупоров.	2	Устный опрос
7	Формирование микроструктуры плавленолистых огнеупоров	2	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 Медиа: <http://media.technolog.edu.ru>

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

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

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе оценка «удовлетворительно». Для промежуточной аттестации в форме зачёта – «зачёт».

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета в 5 семестре и экзамена в 6 семестре.

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

Пример варианта вопросов на зачете

##### Вариант №1

1. Типы невариантных точек.

2. Расчетная оценка температуры огнеупорности алюмосиликатных огнеупоров.

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

Экзамен предусматривают выборочную проверку степени освоения предусмотренных элементов компетенций.

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня вопросов, приведенных в выше, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене

Вариант № 1

1. Правило фаз Гиббса.
2. Механизмы диффузии в твердых телах.
3. Старение огнеупоров.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе - оценка на экзамене «удовлетворительно». Для промежуточной аттестации в форме зачёта – «зачёт».

## 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### а) печатные издания:

1. Кащеев, И.Д. Химическая технология огнеупоров: учебное пособие для студентов вузов/ И.Д. Кащеев, К.К. Стрелов, П.С. Мамыкин – Москва :Интермет Инжиниринг, 2007. – 747 с.ISBN 978-5-89594-146-1

2. Суворов, С.А. Процессы разрушения, оптимизация свойств и выбор высокотемпературных наноструктурированных материалов: учебное пособие/С.А. Суворов, В.В. Козлов, Н.В. Арбузова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии высокотемпературных материалов. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 133 с.

3. 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. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 114 с.

4. . Краткий справочник физико-химических величин/ Под редакцией А.А. Равделя и А.М. Пономаревой.- 11-е изд., испр. и доп. – Москва: «ТИД «Аз-book». 2009. – 240 с. – ISBN-978-5-905034-03-0

5. Гнесин, Г.Г. Энциклопедический словарь по материаловедению: в 2 томах. Т.1 Терминологический словарь.- 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Наука, - 2013. – 261 с.- ISBN-978-5-02-038204-6

### б) электронные издания:

1. Орданьян, С.С. Проектирование состава, структуры и свойств керамических конструкционных наноматериалов: учебное пособие / С.С. Орданьян, А.Е. Кравчик; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тонкой технической керамики.– Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 84 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 19.01.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

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

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>

Электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Физическая химия высокотемпературных систем» 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. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).– Введ. с 01.07.2002.– СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2002.– 7 с.

3. СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).– Введ. с 01.07.2011.– СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011.– 21 с.

4. СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКВД. 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.

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 лабораторных занятиях необходимы: проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины, 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 видеоматериалов и слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС

## **10.2. Программное обеспечение.**

В учебном процессе используется лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение Microsoft Office (Microsoft Excel);

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

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

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

Реализация программы учебной дисциплины осуществляется в учебных кабинетах, соответствующих санитарным нормам, а его оборудования – изложенным ниже требованиям:

1. Учебная аудитория на 25 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.
5. Комплект презентаций и видеofilьмов по дисциплине.

Лабораторные занятия проводятся в учебном кабинете, отвечающем санитарным нормам, а его оборудование – следующим требованиям:

1. Учебная аудитория на 25 и более мест
2. Персональные компьютеры для обучающихся.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.

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

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

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Физическая химия высокотемпературных систем»**

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

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования<sup>4</sup></b>
<b>ПК-1</b>	<b>Способен создавать и осуществлять инновационные (перспективные) технологические процессы получения и обработки материалов для достижения заданного комплекса свойств</b>	промежуточный
<b>ПК-2</b>	<b>Готов осуществлять выбор материалов и регулировать набор свойств готового продукта для условий эксплуатации изделий</b>	промежуточный

**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-1.3</b> Проведение измерений комплекса свойств высокотемпературных систем и представление экспериментальных данных.	<b>Перечисляет</b> принципы физических и физико-химических основ высокотемпературных свойств (ЗН-1.1);	Правильные ответы на вопросы №№ 1-6 к экзамену	Перечисляет с помощью наводящих вопросов принципы физических и физико-химических основ высокотемпературных свойств	Не полностью перечисляет принципы физических и физико-химических основ высокотемпературных свойств	Правильно и полностью перечисляет принципы физических и физико-химических основ высокотемпературных свойств
	<b>Называет</b> правила построения диаграмм состояния высокотемпературных систем (ЗН-1.2)	Правильные ответы на вопросы №№ 13-17 к экзамену	Называет с помощью наводящих вопросов правила построения диаграмм состояния высокотемпературных систем	Не полностью называет правила построения диаграмм состояния высокотемпературных систем	Правильно и полностью называет правила построения диаграмм состояния высокотемпературных систем
	<b>Сопоставляет</b> свойства и состав материалов с их формализацией в виде диаграмм состояния (У-1)	Правильные ответы на вопросы №№ 7-12 к экзамену; №№ 7-14 к зачету	Сопоставляет с помощью наводящих вопросов свойства и состав материалов с их формализацией в виде диаграмм состояния	Не точно сопоставляет свойства и состав материалов с их формализацией в виде диаграмм состояния	Правильно и полностью сопоставляет свойства и состав материалов с их формализацией в виде диаграмм состояния
	<b>Демонстрирует навыки</b> построения инновационных (перспективных) технологических процессов получения и обработки высокотемпературных систем (Н-1)	Правильные ответы на вопросы № 18-30 к экзамену; №№ 1 – 6 к зачету	Со значительными пробелами демонстрирует навыки построения технологических процессов получения и обработки высокотемпературных систем	Не полностью демонстрирует навыки построения перспективных технологических процессов получения и обработки высокотемпературных систем	Полностью демонстрирует навыки построения инновационных (перспективных) технологических процессов получения и обработки высокотемпературных систем

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-2.1.</b> Регулирование свойств готового продукта на основе рационального выбора компонентов высокотемпературных систем	<b>Перечисляет</b> физические и физико-химические принципы выбора высокотемпературных материалов (ЗН-2.1);	Правильные ответы на вопросы №№ 31-40 к экзамену	Перечисляет с помощью наводящих вопросов физические и физико-химические принципы выбора высокотемпературных материалов	Не полностью перечисляет физические и физико-химические принципы выбора высокотемпературных материалов	Правильно и полностью перечисляет физические и физико-химические принципы выбора высокотемпературных материалов
	<b>Называет</b> физико-химические основы трансформации состава и свойств высокотемпературных материалов в процессе эксплуатации (ЗН-2.2)	Правильные ответы на вопросы №№ 41-49 к экзамену	С помощью наводящих вопросов называет физико-химические основы трансформации состава и свойств высокотемпературных материалов в процессе эксплуатации	Не точно называет физико-химические основы трансформации состава и свойств высокотемпературных материалов в процессе эксплуатации	Правильно и полностью называет физико-химические основы трансформации состава и свойств высокотемпературных материалов в процессе эксплуатации
	<b>Объясняет</b> на основе диаграмм состояния регулирование свойств готового продукта (У-2)	Правильные ответы на вопросы №№ 53-60 к экзамену; №№ 15-20 к зачету	С помощью наводящих вопросов объясняет на основе диаграмм состояния регулирование свойств готового продукта	Не точно объясняет на основе диаграмм состояния регулирование свойств готового продукта	Четко и правильно объясняет на основе диаграмм состояния регулирование свойств готового продукта
	<b>Демонстрирует навыки владения</b> методиками исследования высокотемпературных систем (Н-2)	Правильные ответы на вопросы №№ 50-52 к экзамену; №№ 21-25 к зачету	Со значительными пробелами демонстрирует навыки владения методиками исследования высокотемпературных систем	Не полностью демонстрирует навыки владения методиками исследования высокотемпературных систем	Полностью демонстрирует навыки владения методиками исследования высокотемпературных систем

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

#### 3.1 Контрольные задания для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена.

##### а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у обучающегося по компетенции ПК-1:

1. Основные свойства высокотемпературных неметаллических фаз и материалов
2. Основные понятия учения о фазовых равновесиях
3. Правило фаз Гиббса.
4. Принцип центра тяжести, типы нонвариантных точек.
5. Типы диаграмм состояния высокотемпературных систем.
6. Изменение составов расплава и твердой фазы в процессе кристаллизации.
7. Система  $Al_2O_3 - SiO_2$ . Физико-химические свойства муллита
8. Система  $MgO - SiO_2$ . Физико-химические свойства форстерита.
9. Система  $ZrO_2 - SiO_2$ . Физико-химические свойства циркона.
10. Строение и физико-химические свойства огнеупорных шпинелидов
11. Свойства фаз системы  $CaO - Al_2O_3 - SiO_2$ .
12. Свойства фаз системы  $MgO - Al_2O_3 - SiO_2$
13. Расчет фазового состава высокотемпературных материалов на основе диаграмм состояния. Правило рычага.
14. Элементы диаграмм состояния трехкомпонентных систем
15. Расчет количества расплава и твердой фазы при заданном составе фазовой смеси и температуре.
16. Расчет фазового состава продуктов обжига огнеупорного сырья с помощью правила Рихтера.
17. Расчет фазового состава продуктов обжига огнеупорного сырья исходя из последовательности фазовых преобразований
18. Спекание. Характеристики процесса спекания
19. Кинетика спекания
20. Реакции в твердом состоянии.
21. Химическая и структурная эволюция высокотемпературных материалов.
22. Механизмы диффузии в твердых телах.
23. Критерии химического взаимодействия высокотемпературных фаз
24. Сосуществующие сочетания высокотемпературных фаз.
25. Прогнозирование выбора сочетаний огнеупорных фаз
26. Влияние фазового состава на свойства высокотемпературных материалов.
27. Термодинамические закономерности кристаллизации расплавов высокотемпературных материалов.
28. Кинетика роста кристаллов из расплавов.
29. Термодинамические условия образования нитевидных кристаллов
30. Механизмы роста нитевидных кристаллов

##### б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у обучающегося по компетенции ПК-2:

31. Изменение свойств фазы при переходе в низкоразмерное состояние.
32. Фазовая диаграмма  $SiO_2$ . Физико-химические свойства модификаций кремнезема.
33. Модификации и физико-химические свойства модификаций глинозема. Гидраты глинозема.
34. Фазовые превращения при нагревании  $ZrO_2$ . Физико-химические свойства модификаций  $ZrO_2$ , стабилизация и дестабилизация.
35. Фазовая диаграмма углерода. Свойства модификаций углерода. Наноразмерные формы углерода

36. Фазовая диаграмма Si-C. Физико-химические свойства карбида кремния.
  37. Физико-химические свойства карбида и нитрида бора.
  38. Нитрид кремния, сиалоны. свойства и применение
  39. Тугоплавкие соединения переходных металлов (карбиды, нитриды, бориды, силициды), строение и свойства.
  40. Керметы, твердые сплавы.
  41. Движущие силы спекания. Теории спекания.
  42. Стадии спекания
  43. Образование кристаллического сростка
  44. Формирование поверхностей и границ между зернами
  45. Формирование поровой структуры при спекании
  46. Твердофазное спекание
  47. Спекание с участием жидкой фазы
  48. Реакционное спекание
  49. Интенсификация спекания
  50. Распределение конденсированных фаз в спеченных материалах.
  51. Влияние микроструктуры на свойства высокотемпературных материалов
  52. Закономерности взаимодействия высокотемпературных материалов с расплавами.
- Смачивание.
53. Статическая и динамическая коррозия огнеупоров.
  54. Шлако- и металлоустойчивость огнеупоров.
  55. Испаряемость огнеупорных материалов. Влияние среды и фазового состава на испарение огнеупоров
  56. Износ огнеупоров в процессе вакуумирования стали.
  57. Старение огнеупоров.
  58. Формирование зональной структуры в процессе службы огнеупоров
  59. Формирование микроструктуры плавнелитых огнеупоров
  60. Реакционное выращивание нитевидных монокристаллов

### **3.2 Контрольные задания для проведения промежуточной аттестации в форме зачета.**

#### **а) Вопросы для оценки умений и навыков, сформированных у обучающегося по компетенции ПК-1:**

1. Построение кривых плавкости шамотных огнеупоров
2. Построение кривых плавкости динаса
3. Построение кривых плавкости муллитокремнеземистых и муллитовых огнеупоров
4. Построение кривых плавкости муллитокорундовых огнеупоров
5. Построение кривых плавкости периклазофорстеритовых огнеупоров
6. Построение кривых плавкости фазовых смесей форстерита и энстатита
7. Типы невариантных точек.
8. Определение типов невариантных точек в системе  $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ .
9. Определение типов невариантных точек в системе  $\text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$
10. Построение пути кристаллизации.
11. Нахождение координат точек в диаграммах трехкомпонентных систем
12. Типы пограничных кривых в диаграммах трехкомпонентных систем
13. Правило соединительной прямой в диаграммах трехкомпонентных систем
14. Особые прямые в диаграммах трехкомпонентных систем

**б) Вопросы для оценки умений и навыков, сформированных у обучающегося по компетенции ПК-2:**

15. Расчет составов продуктов обжига материалов, разлагающихся при нагревании.
16. Расчет сырьевых смесей.
17. Расчет фазового состава продуктов обжига доломитов
18. Расчет фазового состава продуктов обжига периклазо-известковых стабилизированных огнеупоров
19. Расчет фазового состава продуктов обжига магнезиально-силикатного сырья,
20. Расчет фазового состава продуктов обжига магнезиально-шпинелидных огнеупоров.
21. Расчетная оценка температуры огнеупорности алюмосиликатных огнеупоров
22. Расчетная оценка температуры огнеупорности периклазовых огнеупоров
23. Расчет количества жидких и твердых фаз, образующихся при нагревании трехкомпонентных смесей.
24. Расчет количества расплава при наличии в системе невыпавшего компонента
25. Расчет количества расплава при отсутствии в системе невыпавшего компонента

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета в 5 семестре и экзамена в 6 семестре.

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

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

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

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

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

Шкала оценивания соответствует СТП СПбГТИ 016-2015. КС УКВД. Порядок организации и проведения зачетов и экзаменов.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 5 семестре в форме зачета. результат оценивания: «зачет», «незачет».

Промежуточная аттестация по дисциплине в 6 семестре проводится в форме экзамена, результат оценивания: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе - оценка на экзамене «удовлетворительно». Для промежуточной аттестации в форме зачёта – «зачёт».